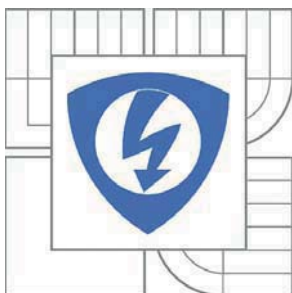




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH  
TECHNOLOGIÍ

ÚSTAV AUTOMATIZACE A MĚŘICÍ TECHNIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION  
DEPARTMENT OF CONTROL AND INSTRUMENTATION

## MIKROPROCESOREM ŘÍZENÝ NABÍJEČ BATERÍ

MICROCONTROLLER DRIVEN BATTERY CHARGER

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

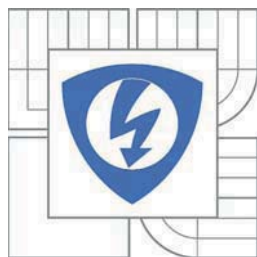
Bc. BOHUMIL MICHALČÍK

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. FRANTIŠEK BURIAN

BRNO 2012



VYSOKÉ UČENÍ  
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky  
a komunikačních technologií

Ústav automatizace a měřicí techniky

# Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor  
**Kybernetika, automatizace a měření**

**Student:** Bc. Bohumil Michalčík

**ID:** 106637

**Ročník:** 2

**Akademický rok:** 2011/2012

## NÁZEV TÉMATU:

**Mikroprocesorem řízený nabíječ baterií**

## POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Oživte konstrukci univerzálního nabíječe baterií řízeného mikroprocesorem realizované v předcházející semestrální práci. Navržený nabíječ by měl zvládat nabíjení v různých režimech, měřit úroveň nabití baterií a teplotu nabíjené baterie. Nabíječ by měl správně a bezpečně reagovat na všechny chybové stavy, které mohou nastat během nabíjení baterií. Softwarové vybavení nabíječe by mělo umožňovat přenos základních parametrů nabíjení mezi nabíječem a počítačem (Terminálem). Zaměřte se na baterie dle bližší specifikace vedoucího práce.

## DOPORUČENÁ LITERATURA:

CROMPTON, T. R. Battery Reference Book. 2nd sub ed. : Butterworth-Heinemann, 1995. 752 s. ISBN 978-0750625678.

**Termín zadání:** 6.2.2012

**Termín odevzdání:** 6.8.2012

**Vedoucí práce:** Ing. František Burian

**Konzultanti diplomové práce:**

**doc. Ing. Václav Jirsík, CSc.**

*Předseda oborové rady*

## UPOZORNĚNÍ:

Autor diplomové práce nesmí při vytváření diplomové práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

## **Abstrakt**

Prvá časť práce sa zaoberá všeobecnou problematikou impulzných zdrojov a všeobecným nabíjaním batérií ako aj typmi nabíjacích charakteristík.

Druhú časť tvorí vlastný návrh mikroprocesorom riadeného impulzného nabíjača. Návrh sa zakladá na dátových listoch výrobcov komponentov nabíjača, ako aj na doporučených zapojeniach týchto prvkov. Elektrická schéma ako aj doska plošných spojov je vytvorená v návrhovom systéme EAGLE 5.11.0 . Nabíjač je navrhnutý na nabíjanie olovených, NiMH, NiCd, LiPol a alkalických akumulátorov s maximálnym nabíjacím prúdom 3A. Súčasťou práce je aj návrh a implementácia programového vybavenia nabíjača.

## **Klíčová slova**

Mikroprocesor, nabíječ baterií, impulsní nabíječ, atmega32M1, univerzální nabíječ, spínaný zdroj, HD44780, FTDI, FT232RL, PSC .

## **Abstract**

The first part of the work was dealing in general with switched power supply and types of battery chargers.

The second part is made by my own design of microprocessor driven battery charger. The design is based on datasheets and recommended circuit connection. The electrical scheme and also the printed circuit board was designed in Eagle 5.11.0 design system. The battery charger is capable of charging these types of batteries: lead acid, NiMH, NiCd, LiPol a alkaline accumulators, and the maximal output current from charger is 3A. The software implementation and design are also part of this master's thesis.

## **Keywords**

Microprocessor, battery charger, pulsed charger, atmega32M1, universal charger, switched supply, HD44780 driver, ACS 712, FTDI, FT232RL, PSC.

### **Bibliografická citace:**

MICHALČÍK, B. *Nabíječ baterií*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2012. 69 s. Vedoucí Diplomové práce Ing. František Burian.

## **Prohlášení**

„Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma Nabíječ baterií jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně dne: .....

.....  
podpis autora

## **Poděkování**

Děkuji vedoucímu diplomové práce Ing. Františkovi Burianovi za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé diplomové práce.

V Brně dne: .....

.....  
podpis autora

# Obsah

|          |   |    |
|----------|---|----|
| <b>1</b> | <b>ÚVOD</b> .....   | 8  |
| <b>2</b> | <b>TEORETICKÁ ČASŤ</b> .....  | 9  |
| 2.1      | Spínané zdroje .....  | 9  |
| 2.2      | Nabíjacie charakteristiky akumulátorov [ 2 ], [ 15 ] .....            | 12 |
| <b>3</b> | <b>PRAKTICKÁ ČASŤ</b> .....   | 14 |
| 3.1      | Voľba mikrokontroléra .....   | 14 |
| 3.2      | Power Stage Controller (PSC) [ 5 ] .....                              | 16 |
| 3.3      | Konštrukčné riešenie nabíjača batérií .....                           | 22 |
| 3.4      | Popis funkcie jednotlivých periférnych prvokov .....                  | 23 |
| 3.5      | Výpočet hodnôt súčiastok .....  | 31 |
| 3.6      | Realizácia konštrukcie nabíjača akumulátorov .....                    | 38 |
| 3.7      | Softwarové vybavenie konštrukcie: .....                               | 40 |
| 3.7.1    | Popis programu .....  | 40 |
| 3.7.2    | Popis základných blokov vývojového diagramu .....                     | 42 |
| 3.7.3    | Popis registrov analógovo digitálneho prevodníka mikroprocesora ..... | 43 |
| 3.7.4    | Rýchla hardwarová ochrana .....                                       | 50 |
| 3.7.5    | Napäťový regulátor .....  | 51 |
| 3.8      | Ochrany batérie .....   | 52 |
| 3.8.1    | Spôsoby identifikácie porúch .....                                    | 52 |
| 3.8.2    | Ošetrenie poruchových stavov .....                                    | 53 |
| <b>4</b> | <b>ZÁVER</b> .....  | 54 |

# 1 ÚVOD

V súčasnej dobe rapídne narastá nasadenie mikroprocesorov a mikrokontrolérov vo všetkých oblastiach elektrotechniky a elektroniky. Taktiež sa dostávajú do popredia zvýšené nároky na spotrebu zariadení a hlavne na ich energetickú účinnosť a v neposlednej rade bezpečnosť. Predmetom tejto práce je univerzálny nabíjač, ktorý kombinuje použitie mikroprocesora a vyniká vysokou účinnosťou vďaka spínanému režimu činnosti. Nabíjač vďaka ovládaniu mikroprocesorom ponúka vysoký užívateľský komfort (výstupné údaje na LCD a komunikácia s PC, vlastné menu prístroja) a širokú flexibilitu v oblasti typu a charakteristík nabíjacích kriviek. Umožňuje implementáciu ľubovoľne zložitého nabíjacieho priebehu s možnosťou ošetrovania všetkých poruchových stavov, čo zvyšuje bezpečnosť používania zariadenia. Ponúka možnosť dodatočnej zmeny parametrov nabíjania bez nutnosti hardwarovej zmeny konštrukcie a umožňuje priame meranie fyzikálnych veličín, ktoré by iným spôsobom riešenia nabíjača boli náročné alebo nemožné. Navrhované zariadenie má byť použiteľné na nabíjanie, vybíjanie a kondicionovanie akumulátorov. Impulzné nabíjanie je účinnejšie hlavne pri nabíjaní olovených akumulátorov, kde impulzný režim nabíjania znižuje plynovanie akumulátora a tým výrazne zvyšuje efektivitu nabíjacieho procesu.

Predložená práca sa zaoberá návrhom elektrickej schémy zapojenia, dosky plošných spojov, fyzickou realizáciou celkovej konštrukcie a návrhom, odladením a implementáciou softwaru pre tento nabíjač. Nabíjač je navrhnutý na nabíjanie olovených, NiMH, NiCd, LiPol a alkalických akumulátorov s maximálnym nabíjacím prúdom 3A.



## 2 TEORETICKÁ ČASŤ

### 2.1 Spínané zdroje

Rozdelenie spínaných zdrojov:

- s frekvenciou siete
    1. bez transformátora
    2. s transformátorom
      - impulzná regulácia v primárnej časti
      - impulzná regulácia v sekundárnej časti
  - s frekvenciou vyššou ako frekvencia siete
    1. jednočinný blokujúci menič
      - menič s jedným spínačom
      - menič s dvoma spínačmi
    2. jednočinný priepustný menič
      - menič s jedným spínačom
      - menič s dvoma spínačmi
    3. dvojčinné meniče
      - protitaktné
      - dvojčinné so štyrmi spínačmi
      - dvojčinné s kapacitnými deličmi
    4. dvojité priepustný menič
- [ 14 ]

#### **Rozdiely medzi spínanými a lineárnymi zdrojmi:**

Hlavným rozdielom medzi spínanými a lineárnymi zdrojmi spočíva v spôsobe používania výkonového regulačného prvku. V spojitých zdrojoch je prvok neustále zatŕažený, mení sa iba miera zátŕaže prvku (značné výkonové namáhanie). V spínaných zdrojoch je výkonový prvok zatŕažovaný impulzne, využíva sa výhody impulzného režimu prvku. V impulznom režime môže byť odoberaný výkon podstatne väčší ako v spojitom režime.

### **Výhody a nevýhody spínaných zdrojov:**

#### **Výhody:**

- majú vyššiu účinnosť
- sú výhodnejšie tam, kde je veľký rozdiel medzi vstupným a výstupným napätím
- malé rozmery
- sú ekonomicky výhodnejšie

#### **Nevýhody:**

- pomalšia reakcia výstupného napätia na rýchle zmeny zaťažovacieho prúdu
- pri požiadavke malého zvlnenia sa musí uvažovať vplyv impulzného charakteru zdroja
- sú zdrojom rušivých signálov, ktoré generujú spínacie prvky

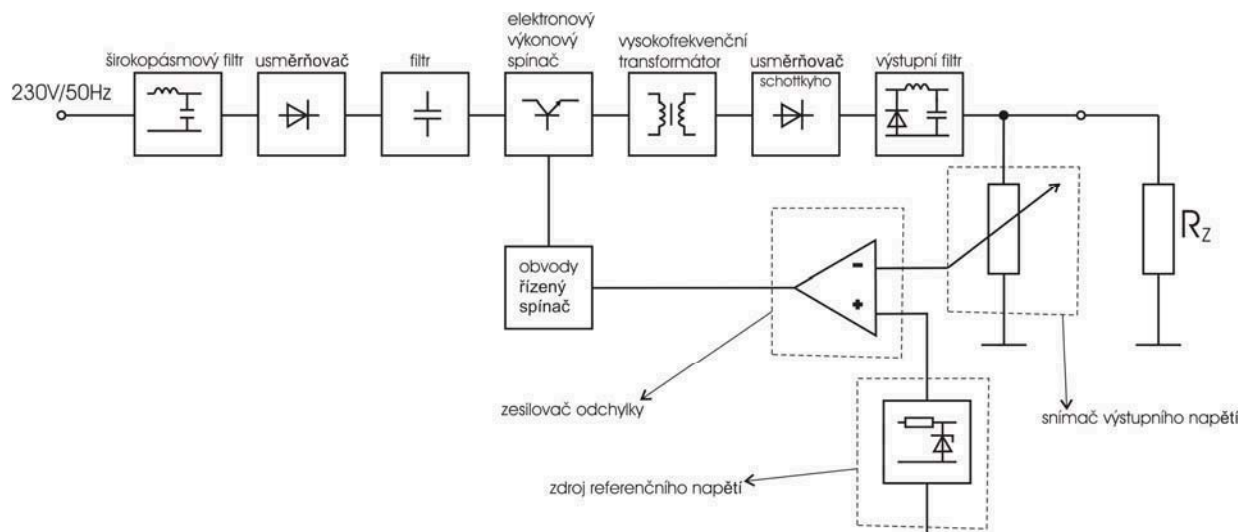
#### **Popis:**

Stabilizátory so sieťovou frekvenciou sú staršie, ich konštrukciu umožnili tyristory a triaky. Tieto zdroje nedosahujú veľkú presnosť stabilizácie, sú ťažšie a objemnejšie, ale lacnejšie. Ich použitie nie je obmedzené prenášaným výkonom. Vyhovujú pre menej náročné aplikácie, kde nie je potrebná extrémna stabilita, presnosť a kde nie sú kladené požiadavky na zvlnenie výstupného napätia.

Konštrukciu stabilizátorov s vyššou pracovnou frekvenciou umožnila výroba rýchlych polovodičových výkonových spínacích prvkov, feritových jadier a malých kondenzátorov so značnou kapacitou. Tieto zdroje sú menšie, majú podstatne lepšiu a presnejšiu reguláciu výstupného napätia. Sú ale drahšie a majú podstatne zložitejšie obvodové riešenie a vyžadujú súčiastky navrhnuté špeciálne na tento účel. Blokova schéma impulzného regulátora je uvedená na obrázku 2.1 [14].

### **Spínané zdroje s vyššou pracovnou frekvenciou:**

Tieto zdroje sa označujú ako impulzné, využívajú impulznú reguláciu. Výstupné napätie je regulované regulačným členom iba v určitých časovo obmedzených intervaloch. Impulzná regulácia výrazne redukuje výkonové straty na regulačnom člene. Regulačný prvok (tranzistor) pracuje ako riadený spínač. Prúd ním prechádza iba po určitý interval pracovného cyklu. Nakoľko sa tranzistor vždy maximálne otvorí a následne úplne uzavrie, je výkonová strata na ňom podstatne menšia ako u lineárneho regulátora.



**Obrázek 2.1** Bloková schéma impulzného regulátora [14].

Možnosť použitia spínacieho regulačného člena pri stabilizácii jednosmerného napätia je podmienená jeho vzájomnou súčinnosťou s filtračným členom. Usporiadanie filtra je v závislosti na type meniča v regulátore. Filter je pre väčší výstupný výkon vždy LC. V princípe sa všetka energia odoberaná meničom v aktívnom intervale pracovného cyklu je akumulovaná. V pasívnom intervale, kedy je tranzistor rozpojený, je záťaž napájaná energiou, ktorá je akumulovaná vo filtre. [14]

## 2.2 Nabíjacie charakteristiky akumulátorov [ 2 ], [ 15 ]

Charakteristikou nabíjača rozumieme závislosť medzi výstupným napätím a nabíjacím prúdom. Tento vzťah sa taktiež nazýva voltampérová charakteristika nabíjača. V predpisoch pre nabíjanie akumulátorov a v odborných elektrochemických publikáciách sa často používajú skratky, označujúce typ nabíjacej charakteristiky nabíjača.

Druhy nabíjacích charakteristík podľa noriem VDE (združenie pre elektrické, elektronické a informačné technológie):

**I** - nabíjač, ktorý pracuje ako zdroj konštantného prúdu (tzn. so stálym nabíjacím prúdom)

Nabíja sa od začiatku do konca konštantným prúdom, vypína sa ručne alebo automaticky, nabíjanie môže byť ukončené buď uplynutím nastaveného času, dosiahnutím požadovanej úrovne napätia akumulátora alebo dodaním potrebného počtu Ah.

*Príklady použitia:*

1. Nabíjanie malých olovených akumulátorov, uvádzanie do činnosti štartovacích akumulátorov
2. Nabíjanie NiCd akumulátorov, nabíjací prúd je obmedzený teplotou elektrolytu
3. Nabíjanie striebrozinkových akumulátorov s manuálnou alebo automatickou reguláciou, vypína sa pri dosiahnutí konečného nabíjacieho napätia

*Výhody:*

- ♦ skratu vzdornosť
  - ♦ jednoduché meranie energie dodanej do akumulátoru ( $I \cdot t = E$ )
  - ♦ možnosť sériového nabíjania viacerých článkov (batérii) bez nutnosti dodatočného nastavenia nabíjacieho prúdu
- [ 2 ], [ 15 ]

**U** – nabíjač pracujúci ako zdroj konštantného napätia

Nabíjanie začína vysokým počiatočným prúdom, ktoré je vhodné čiastočne obmedziť (v tomto prípade to už nie je korektná U charakteristika), ktorý poklesne v priebehu nabíjania na nižšiu hodnotu. Vysoký počiatočný prúd spôsobí ohriatie elektrolytu, teplota časom klesá. Plynovacie napätie (napätie akumulátora, pri ktorom dochádza k tvorbe plynov v jeho článkoch) musí byť nastavené s presnosťou 1%.

*Príklady použitia:*

1. Nabíjanie olovených akumulátorov. Konštantné nabíjacie napätie je  $U=2,40$  a  $2,45$  V / článok. Počiatočný nabíjací prúd  $0,6$  až  $1,2 \times C$
2. Nabíjanie NiCd akumulátorov. Konštantné nabíjacie napätie je  $U = 1,65$  až  $1,72$  V / článok. Počiatočný nabíjací prúd  $0,4$  až  $0,6 \times C$
3. Nabíjanie striebrozinkových akumulátorov. Tento spôsob nabíjania je vhodný nakoľko sa dá zaručiť nutná podmienka pre nabíjanie týchto akumulátorov – nepresiahnutie napätia  $2,1$  V / článok.

*Výhody:*

- ♦ Tento spôsob nabíjania umožňuje paralelné nabíjanie viacerých akumulátorov s rovnakým svorkovým napätím. [ 2 ], [ 15 ]

**W** - nabíjač so zmenšujúcim sa výstupným prúdom

V priebehu nabíjania prúd so stúpajúcim napätím klesá až na ustálenú hodnotu (konečný nabíjací prúd).

*Príklady použitia:*

1. Nabíjanie trakčných olovených akumulátorov s vypínaním po plnom nabití.
2. Nabíjanie NiCd akumulátorov s vypínaním po plnom nabití.
3. Nabíjanie malých a štartovacích olovených akumulátorov s vypínaním po plnom nabití. [ 2 ], [ 15 ]

## 3 PRAKTICKÁ ČASŤ

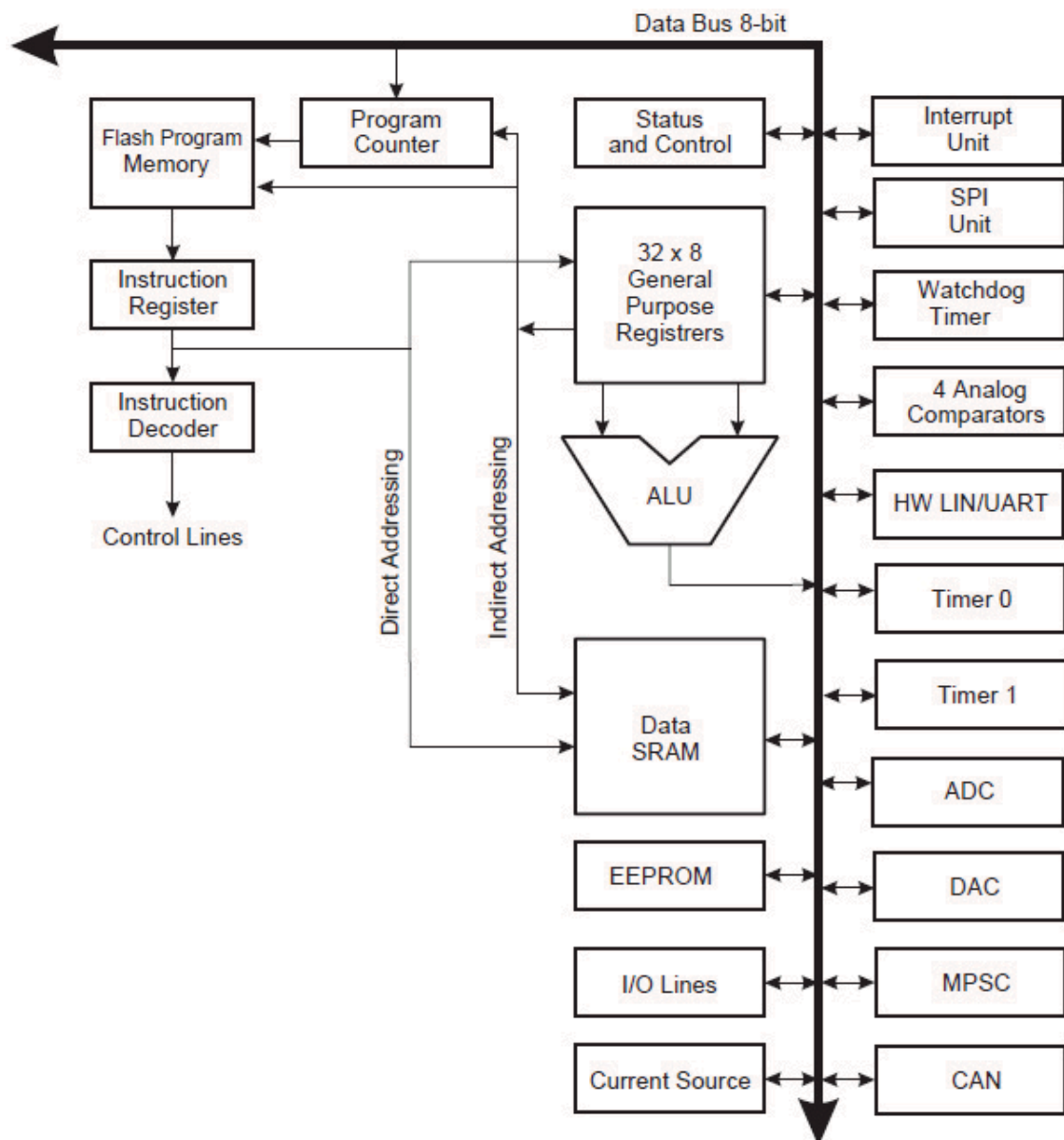
### 3.1 Voľba mikrokontroléra

Mikrokontrolér AVR ATmega32M1 je vysokovýkonným, nízkoúkonovým 8 bitovým mikrokontrolérom firmy ATMEL. Je použitý v konštrukcii nabíjača akumulátorov riadeného pomocou  $\mu\text{p}$ , kvôli jeho nasledujúcim vlastnostiam:

- Mikrokontrolér je určený špeciálne na ovládanie motorov a spínanie indukčností, disponuje preto vyššou imunitou proti prúdovým špičkám ako iné mikrokontroléry tejto rady.
- Obsahuje integrované 10 bitový AD prevodník, ktorého vývody sú multiplexované na vývody IO, tým sa celá konštrukcia značne zjednodušuje (nie je potrebné použitie externých prevodníkov).
- Maximálna taktovacie frekvencia mikrokontroléra je 16MHz, čo umožňuje vykonávanie veľkého množstva i výpočtetne náročných operácií. A taktiež umožňuje prevádzkanie real time operácií – operácií (vyhodnocovanie údajov, regulačné výpočty).
- 32 vývodov umožňuje priame pripojenie veľkého množstva periférií bez nutnosti použitia multiplexorov, čo značne zjednodušuje a minimalizuje konštrukciu.
- Je vybavený ISP (In System Programming) rozhraním pre programovanie osadeného mikroprocesora v konštrukcii pomocou 4 dátových vyvedení.
- Uchováva údaje po dobu 20 rokov pri teplote 85°C a 100 rokov pri teplote 25°C.
- Disponuje vysokorýchlostným 3 kanálovým PSC modulom, ktorý môže pracovať na maximálnej frekvencii 64 MHz (pri hodinových impulzoch z PLL modulu). PSC modul umožňuje flexibilnú zmenu frekvencie, striedy a mŕtvej doby riadiaceho signálu.

[ 3 ], [ 4 ]

Bloková schéma mikroprocesora AVR ATmega32M1 je zobrazená na obrázku 3.1 [ 3 ].



*Obrázek 3.1 Bloková schéma mikrokontroléra AVR ATmega32M1 [ 3 ].*

### 3.2 Power Stage Controller (PSC) [ 5 ]

Ovládač výkonového stupňa je špeciálny časovač s tromi modulmi určenými na riadenie výkonových úrovni zariadení. PSC je kompatibilný s logickými úrovňami a môže byť použitý na ovládanie mostíkov výkonových tranzistorov.

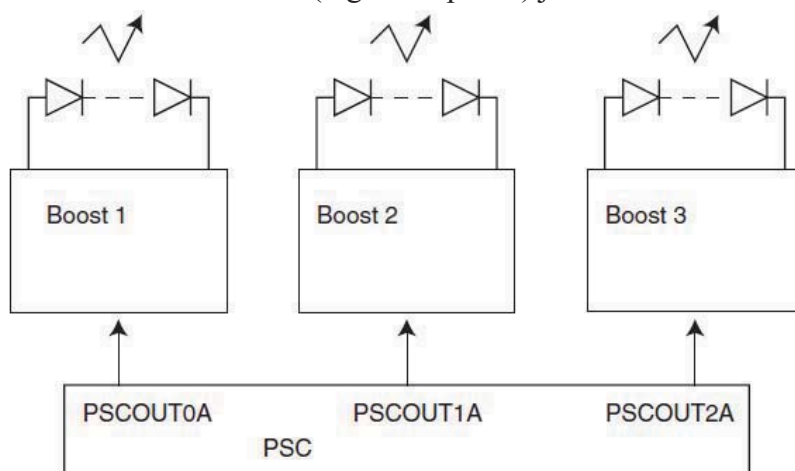
Každý z 3 PSC modulov môže byť považovaný za PWM generátor s dvomi komplementárnymi výstupmi. PSC má 3 vstupy, ktoré môžu zastaviť generovanie pulzov (sledovanie maximálnej úrovne prúdu motora, ...). PSC môže byť synchronizovaný rýchlymi hodinami ako je 64MHz výstup PLL modulu, môže teda generovať rýchle PWM s vysokým rozlíšením.

Aplikácie PSC:

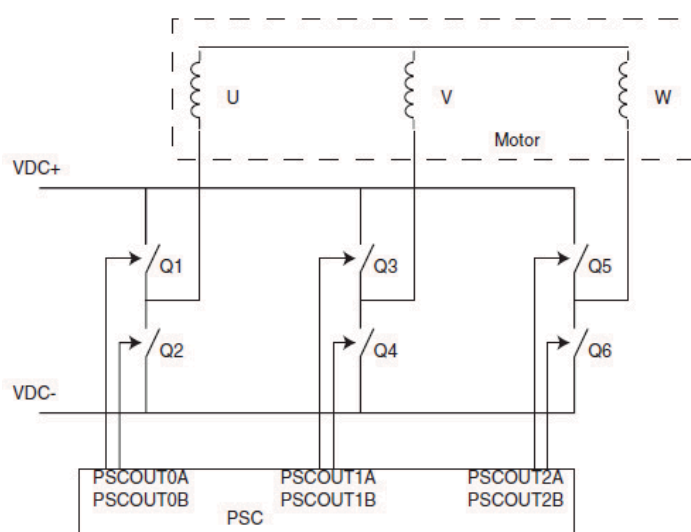
Ovládanie motorov (generovanie priebehov, regulácia rýchlosti motora)

Principiálne ovládanie motorov je uvedené na obrázku 3.3.

Ovládanie osvetlenia Led (regulácia prúdu) je zobrazená na obrázku 3.2.



**Obrázek 3.2 Ovládanie LED zdrojov svetla pomocou PSC [ 5 ]**



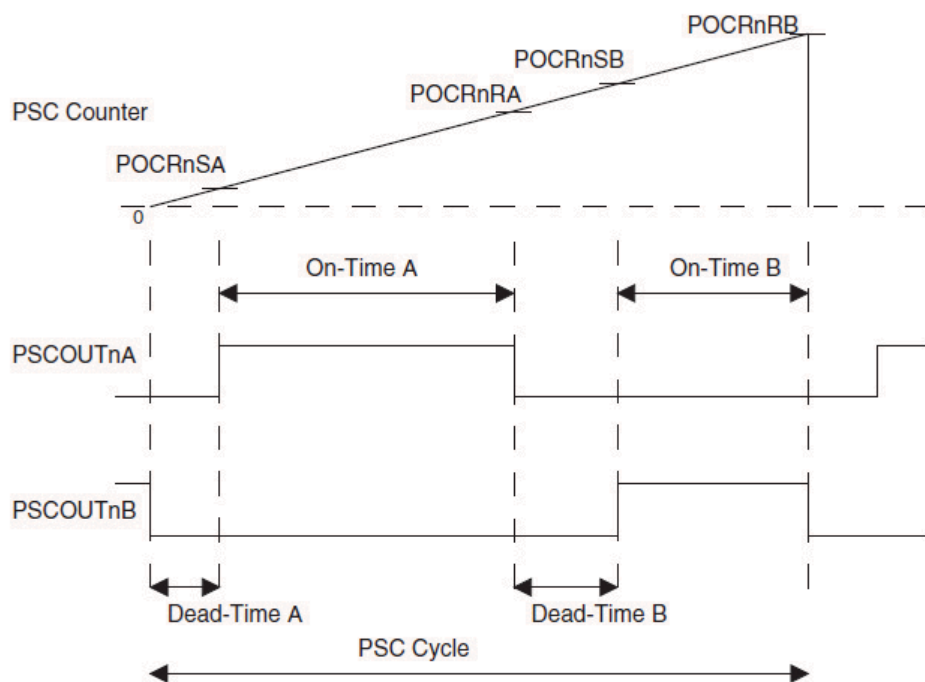
**Obrázek 3.3 Ovládanie motoru pomocou PSC [ 5 ]**



PSC umožňuje 2 režimy operácií:

**1 ramp mode** – 1 rampový režim – tento režim sa používa na generovanie prekryvajúcich sa priebehov. Hlavným rizikom tohto spôsobu je možnosť prepálenia ovládaného polmostíka (skratovanie napájania cez oba otvorené tranzistory v polmostíku na zem).

Sú definované 4 parametre: POCCRnSA (set A), POCCRnRA (reset A), POCCRnSB (set B), POCCRnRB (reset B), ktorých umiestnenie na rampe definuje nastavenie a nulovanie jednotlivých výstupov v rámci jedného cyklu PSC. Časové úseky, v ktorých sú oba signály nulové sa nazývajú mŕtve doby (dead-Time). Vzájomná závislosť medzi rozmiestnením premenných POCCRnSA, POCCRnRA, POCCRnSB, POCCRnRB na rampe a dĺžkou impulzov na výstupoch A a B jednotlivých kanálov PSC je zobrazená na obrázku 3.4. Z obrázka je zrejmé, že zmenou polohy premenných POCCRnSA a POCCRnRA, respektíve POCCRnSB a POCCRnRB je možná ľubovoľná zmena dĺžky a umiestnenia signálu PSCOUTnA a PSCOUTnB v rámci jedného cyklu PSC. Výpočet doby aktívnych stavov výstupov A a B jednotlivých kanálov ako aj dĺžky mŕtvych dôb v závislosti na zvolenej hodnote premenných POCCRnSA, POCCRnRA, POCCRnSB a POCCRnRB pre režim 1 ramp je uvedená v tabuľke 1. (Výrobca udáva ďalšie režimy ako sú 2 ramp a 4 ramp, nakoľko je v konštrukcii požitý režim centered mode, je irelevantné uvádzať ďalšie režimy. Principiálnemu oboznámeniu sa s problematikou postačuje 1 ramp mode).



**Obrázek 3.4 One Ramp Mode PSC [ 5 ]**

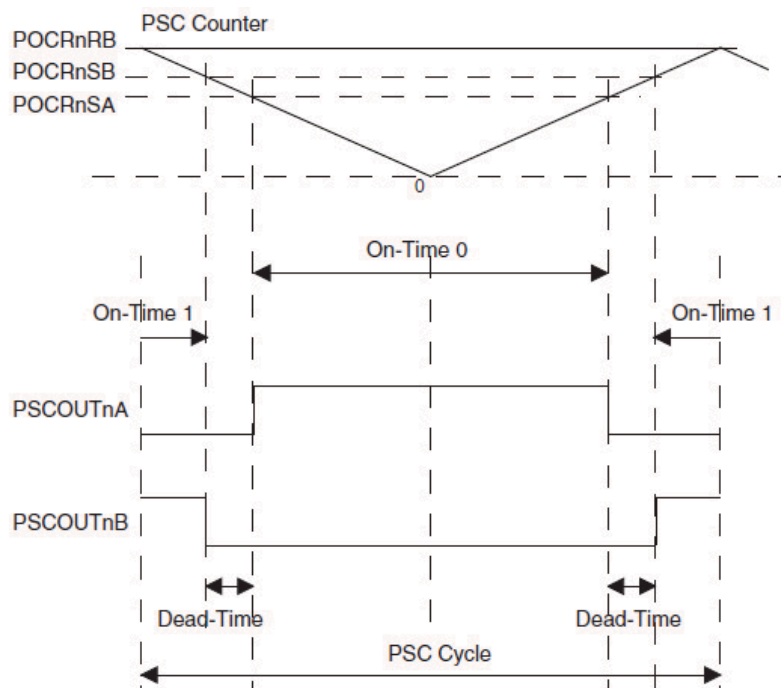
**Tabulka 1 Nastavenie hodnôt pre One Ramp Mode PSC [ 5 ]**

|                      | PSC SFR | Instruction     | Result in Clock Number     | Result in $\mu$ S |
|----------------------|---------|-----------------|----------------------------|-------------------|
| PSCOUT0A<br>PSCOUT0B | POCR0SA | A_SA_VAL = 250  | Dead Time 0A = 250 + 1     | 3.9 $\mu$ S       |
|                      | POCR0RA | A_RA_VAL = 400  | On Time 0A = 400 - 250     | 2.3 $\mu$ S       |
|                      | POCR0SB | A_SB_VAL = 750  | Dead Time 0B = 750 - 400   | 5.5 $\mu$ S       |
|                      |         |                 | On Time 0B = 1250 - 750    | 7.8 $\mu$ S       |
| PSCOUT1A<br>PSCOUT1B | POCR1SA | B_SA_VAL = 800  | Dead Time 1A = 800 + 1     | 12.5 $\mu$ S      |
|                      | POCR1RA | B_RA_VAL = 1100 | On Time 1A = 1100 - 800    | 4.7 $\mu$ S       |
|                      | POCR1SB | B_SB_VAL = 1150 | Dead Time 1B = 1150 - 1100 | 0.8 $\mu$ S       |
|                      |         |                 | On Time 1B = 1250 - 1150   | 1.6 $\mu$ S       |
| PSCOUT2A<br>PSCOUT2B | POCR2SA | C_SA_VAL = 600  | Dead Time 2A = 600 + 1     | 9.4 $\mu$ S       |
|                      | POCR2RA | C_RA_VAL = 800  | On Time 2A = 800 - 600     | 3.1 $\mu$ S       |
|                      | POCR2SB | C_SB_VAL = 900  | Dead Time 2B = 900 - 800   | 1.6 $\mu$ S       |
|                      |         |                 | On Time 2B = 1250 - 900    | 5.5 $\mu$ S       |
|                      | POCR_RB | RB_VAL = 1250   |                            |                   |

**Centered mode** – centrováný režim výstupný generovaný priebeh je symetrický a centrováný. Tento mód je vhodný na generovanie sínusových priebehov pomocou SVPWM.

Parametre: PO CRnSA, PO CRnRA, PO CRnSB, PO CRnRB majú v tomto režime iný význam ako v 1 ramp mode. Parameter PO CRnRB určuje maximálnu úroveň hodnôt a nakoľko je strmosť priamky nemenná, so zvyšujúcou sa hodnotou tejto premennej (čo zvyšuje aj rozlíšenie) sa zvyšuje aj doba jedného intervalu PSC. PO CRnRA nie je v ovládaní výstupu využitý a môže sa použiť na riadenie výstupnej synchronizácie (napr. pre AD prevodník). Umiestnenie PO CRnSA, PO CRnSB určuje dobu zopnutia výstupu A respektíve výstupu B. Pri zvyšujúcej sa hodnote PO CRnSA sa šírka impulzu na výstupe A daného kanálu zväčšuje, pri znižujúcej sa znižuje. V prípade PO CRnSB a výstupu B je táto úmera nepriama. Impulz výstupu A sa rozširuje alebo zužuje okolo stredu cyklu PSC, impulz výstupu B je mu invertovaný (rozširuje a zužuje sa okolo hranice 2 cyklov). Táto inverzia umožňuje ovládanie polmostíka pomocou signálov A a B. Časy medzi impulzmi A a B sa nazývajú mŕtve doby. Veľkosť mŕtvej doby závisí na požadovanej aplikácii (pri mostíkoch je závislá na rýchlosti spínania výkonových tranzistorov, mŕtva doba slúži na zamedzenie skratu mostíka) a môže byť programovo nastavená na konštantnú hodnotu. Centrováný režim je vhodnejší pre riadenie tranzistorových mostíkov, z toho dôvodu bol zvolený tento režim pre spínanie akumuláčnej cievky nabíjača batérií.

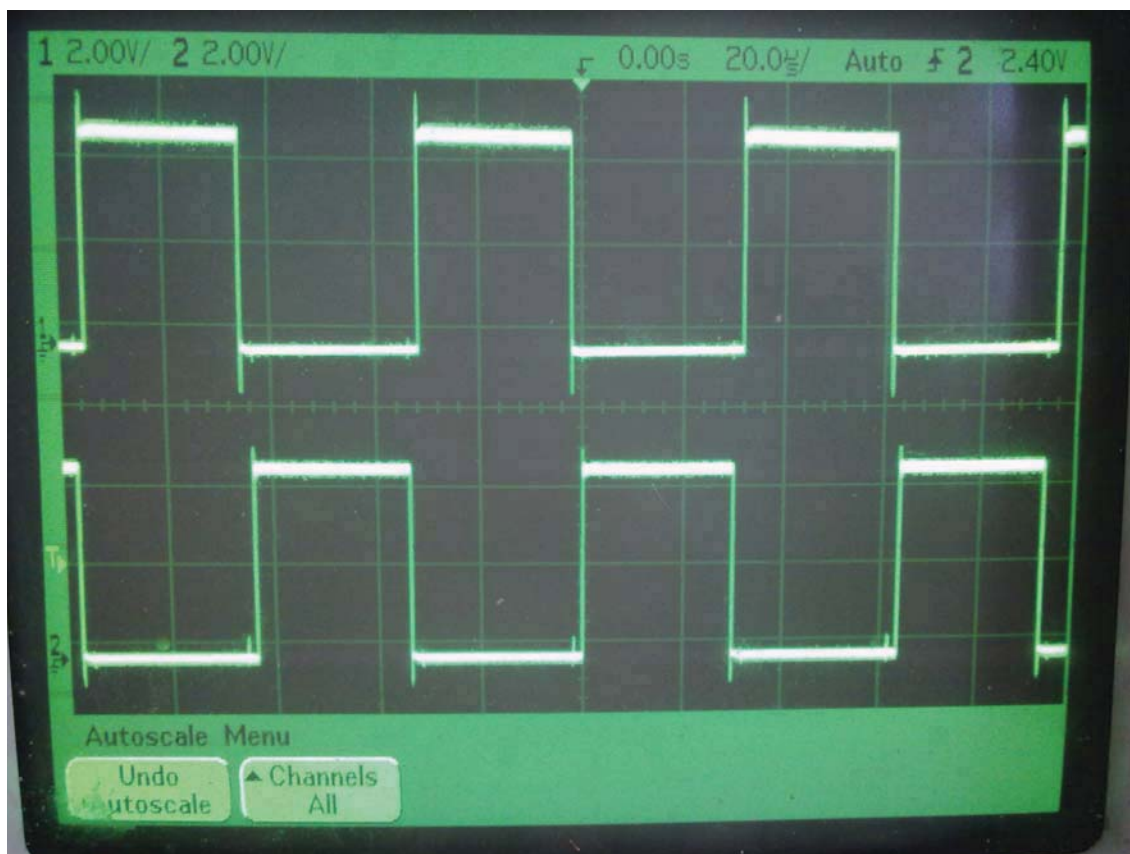
Vzájomná závislosť medzi rozmiestnením premenných PO CRnSA, PO CRnRA, PO CRnSB, PO CRnRB na symetricky centrovanej priamke a dĺžkou impulzov na výstupoch A a B jednotlivých kanálov PSC, ako aj vzájomná poloha impulzov a mŕtvych dôb je zobrazená na obrázku 3.5. Výpočet doby aktívnych stavov výstupov A a B jednotlivých kanálov a dĺžky mŕtvych dôb v závislosti na zvolenej hodnote premenných PO CRnSA, PO CRnRA, PO CRnSB a PO CRnRB pre režim centered mode je uvedená v tabuľke 2. Reálny priebeh riadiacich signálov PSCOUT0A a PSCOUT0B je zobrazený na obrázku 3.6.



**Obrázek 3.5 Centered Mode PSC [ 5 ]**

**Tabulka 2 Nastavenie hodnôt pre Centered Mode PSC [ 5 ]**

|                      | PSC SFR | Instruction    | Result in Clock Number             | Result in $\mu\text{S}$ |
|----------------------|---------|----------------|------------------------------------|-------------------------|
| PSCOUT0A<br>PSCOUT0B | POCR0SA | A_SA_VAL = 25  | On Time 0A = $2 * 25$              | 6.2 $\mu\text{S}$       |
|                      | POCR0RA | A_RA_VAL = 75  | RA is used for synchr. signal      |                         |
|                      | POCR0SB | A_SB_VAL = 40  | On Time 0B = $2 * (125 - 40 + 1)$  | 21.5 $\mu\text{S}$      |
|                      |         |                | Dead Time 0 = $40 - 25$            | 1.9 $\mu\text{S}$       |
| PSCOUT1A<br>PSCOUT1B | POCR1SA | B_SA_VAL = 110 | On Time 1A = $2 * 110$             | 27.5 $\mu\text{S}$      |
|                      | POCR1RA | B_RA_VAL = 80  | RA is used for synchr. signal      |                         |
|                      | POCR1SB | B_SB_VAL = 115 | On Time 1B = $2 * (125 - 115 + 1)$ | 2.8 $\mu\text{S}$       |
|                      |         |                | Dead Time 1 = $115 - 110$          | 0.6 $\mu\text{S}$       |
| PSCOUT2A<br>PSCOUT2B | POCR2SA | C_SA_VAL = 60  | On Time 2A = $2 * 60$              | 15 $\mu\text{S}$        |
|                      | POCR2RA | C_RA_VAL = 80  | RA is used for synchr. signal      |                         |
|                      | POCR2SB | C_SB_VAL = 90  | On Time 2B = $2 * (125 - 90 + 1)$  | 9 $\mu\text{S}$         |
|                      |         |                | Dead Time 2 = $90 - 60$            | 3.7 $\mu\text{S}$       |
|                      | POCR_RB | RB_VAL = 125   |                                    |                         |



*Obrázek 3.6 Pribeh jednotlivých riadiacich priebehov PSCOUT0A a PSCOUT0B v rámci jednotlivých cyklov PSC*

### 3.3 Konštrukčné riešenie nabíjača batérii

Základným prvkom konštrukcie je 8 bitová verzia mikrokontroléra AVR rady ATmega32M1. Konkrétne použitý model má integrovanú 16 KB Flash pamäť. Tento základný prvok vykonáva vlastnú reguláciu výstupu nabíjača, kontroluje a riadi celkový priebeh nabíjacieho procesu, sleduje a ošetruje chybové stavy. Z dôvodu absencie knižnice, v návrhovom systéme EAGLE, bolo potrebné vytvoriť vlastnú súčiastku ATMEGA32M1, na základe dátového listu výrobcu súčiastky. Zapojenie vývodov ako aj fyzické rozmery púzdra boli prevzaté z dokumentácie firmy ATMEL [3].

Hlavným blokom nabíjača sú tranzistory HEXFET typu: IRFR3410PBF, zapojené do neúplného mostíka. Tieto tranzistory sú riadené integrovanými ovládačmi tranzistorov IR2101. Sú to neinvertujúce ovládače riadené priamo mikrokontrolérom.

Týmto nabíjačom je možné nabíjať aj články LiPol. Pre tento prípad je vyvedený samostatný výstup, ktorý je prepojený s hlavným pomocou tlmivky  $160\mu\text{H}/2\text{A}$ . V prípade nabíjania LiPol článkov sa cez relé pripája na výstup nabíjača kondenzátor  $1000\mu\text{F} / 25\text{V}$ .

Riadené vybíjanie je riešené pomocou darlingtonového tranzistora zapojeného paralelne k výstupným svorkám. Tranzistor je ovládaný D/A prevodníkom mikrokontroléra a pracuje v spojitom režime zaťaženia, preto je umiestnený na hliníkovom chladiči. Vybíjací prúd je mapovaný pomocou meracieho rezistora zapojeného do série s emitorom tranzistora. Napätie z tohto rezistora je privádzané na diferenciálny vstup mikrokontroléra. Tento rezistor tiež zabezpečuje negatívnu prúdovú spätnú väzbu.

Konštrukcia je vybavená ISP konektorom, slúžiacim na programovanie mikrokontroléra. Konektor je zapojený podľa odporúčenia firmy ATMEL [3].

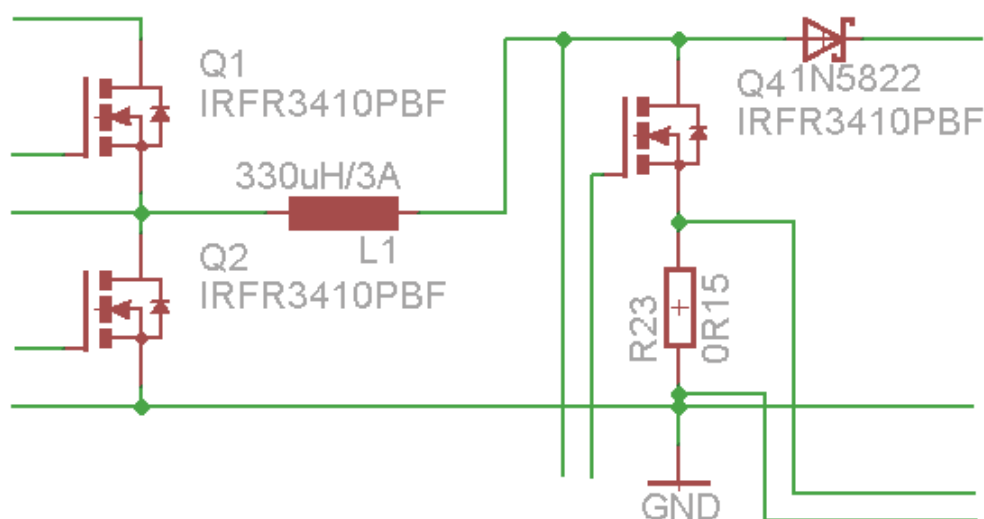
Mikrokontrolér komunikuje s PC pomocou čipu FT232RL firmy FTDI prostredníctvom rozhrania USB. Čip je galvanicky oddelený od zdroja z dôvodu možnosti potenciálového rozdielu medzi zemou PC a zdroja. Rozdiel potenciálov dvoch zariadení by mohol spôsobiť vážne škody na zariadeniach (možné vyrovnávanie rozdielu). Galvanické oddelenie je realizované pomocou optočlenov.

K  $\mu\text{p}$  sú pripojené ďalšie podporné periférie, slúžiace na snímanie elektrických (napätie, prúd) i neelektrických (teplota) veličín, komunikáciu  $\mu\text{p}$  s užívateľom (display, tlačítka), výkonové prvky nabíjača (výkonové tranzistory) a napájacie obvody prvkov zdroja.



### 3.4 Popis funkcie jednotlivých periférnych prvkov

*Mostík HEXFET tranzistorov tvoriaci výkonovú jednotku nabíjača*



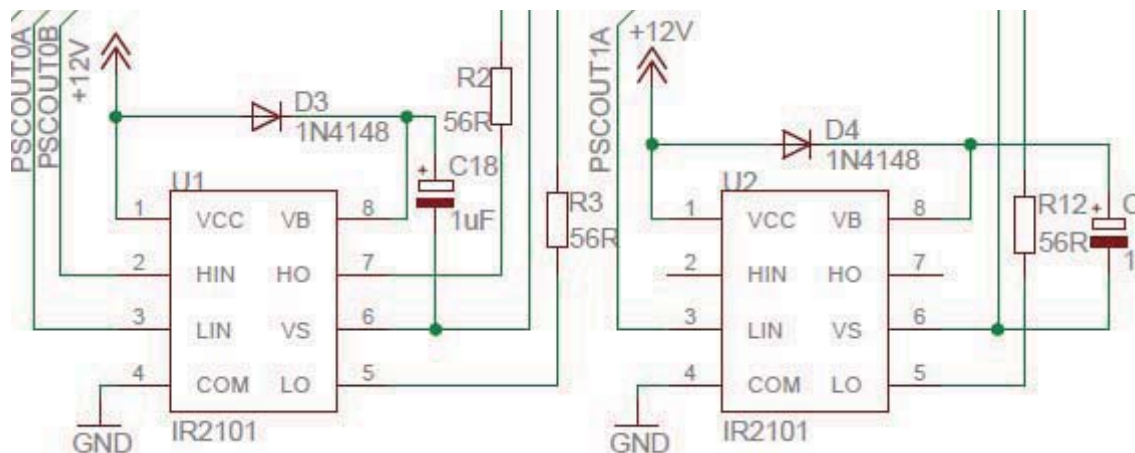
**Obrázek 3.7 Zapojenie výkonového mostíka tvoreného tranzistormi HEXFET**

Zapojenie výkonového mostíka tvoreného tranzistormi HEXFET je uvedené na obrázku 3.7. Výkonové členy konštrukcie sú tvorené HEXFET tranzistormi IRFR3410PBF, ovládanými integrovanými obvodmi IR2101. Tranzistory Q1 a Q4 sú spínané súčasne. Kladným impulzom na výstupoch PSCOUT0B a PSCOUT1A (súčasne) pripoja tranzistory Q1 a Q4 vývody cievky na zemný potenciál a vstupné napätie. V tejto fáze sa cievka nabíja. Nasleduje mŕtva doba, pre bezpečnú zmenu stavov tranzistorov a kladný impulz na výstupe PSCOUT0A, ktorý pripojí vývod nabíjaný v predchádzajúcom kroku zo vstupu na potenciál OV a druhý vývod je pri rozopnutom tranzistore Q4 pripojený na výstup nabíjača. V tejto fáze sa cievka vybíja. Zmenou ovládania tranzistorov je možné meniť a stabilizovať napätie na výstupe pri rôznej záťaži. Skratovaniu výstupu nabíjača na zemný potenciál zamedzuje sériovo vložená dióda na výstup tranzistorového mostíka.

Prúd pretekajúci obvodom sa sníma na rezistore R23, z ktorého sa snímané napätie privádza na analógový komparátor mikrokontroléra. Hodnota úbytku napätia na meracom rezistore je privádzaná na vstup analógového komparátora pomocou dvoch vodičov pripojených na vývody rezistora, rovnakej dĺžky. Prevod analógovej na číslicovú hodnotu napätia na rezistore je synchronizované s ovládacími impulzmi tranzistorov. Hodnota prúdu sa sníma pri otvorenom tranzistore Q4 (len v tom časovom úseku preteká prúd rezistorom).

Chladenie tranzistorov je zabezpečené pripájaním povrchovo montovaných tranzistorov na tento účel vyhradené medené plochy plošného spoja.

### Ovládače tranzistorov



**Obrázek 3.8 Zapojenie ovládačov tranzistorov**

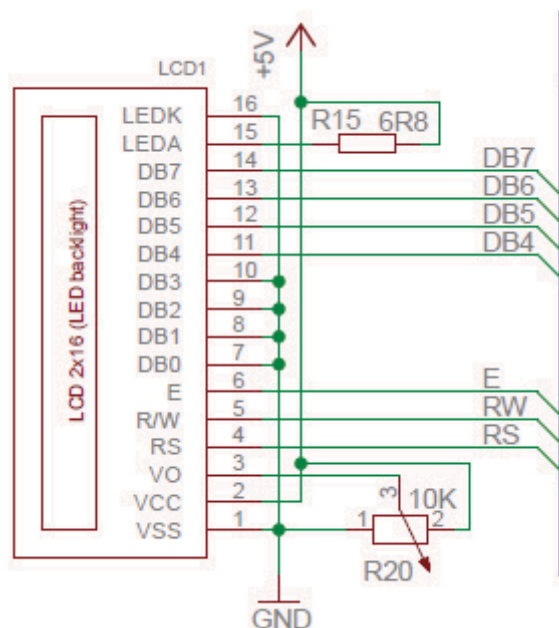
Zapojenie ovládačov tranzistorov je zrejmé z obrázka 3.8. Na ovládanie výkonových hexfet tranzistorov sú použité integrované ovládače tranzistorov IR2101. Ide o vysokonapäťový rýchly obvod, ktorý je navrhnutý na ovládanie jednej polovice H mostíka výkonových MOSFET alebo IGBT tranzistorov. Poskytuje ochranu proti súčasnemu zopnutiu oboch tranzistorov (skratovanie napájacieho napätia), podpäťovú ochranu a je kompatibilný s logickými úrovňami 3,3V , 5V , 15V.

Integrované obvody sú zapojené na základe datasheetu obvodu. Vstupy obvodov sú priamo pripojené na výstupy mikrokontroléra, nakoľko obvody zabezpečujú ochranu riadiacich obvodov ako aj tranzistorov. Ovládače taktiež zabezpečujú úrovňové prispôsobenie riadiacich signálov. Toto je nevyhnutné pre ovládanie tranzistorov, u ktorých je potrebné aby riadiaca úroveň bola posunutá o určitú hodnotu voči zemniacemu potenciálu. Napätie potrebné na ovládanie hradla tranzistora posunuté o ľubovoľnú hodnotu zabezpečujú pripojené externé kondenzátory.





### LCD display



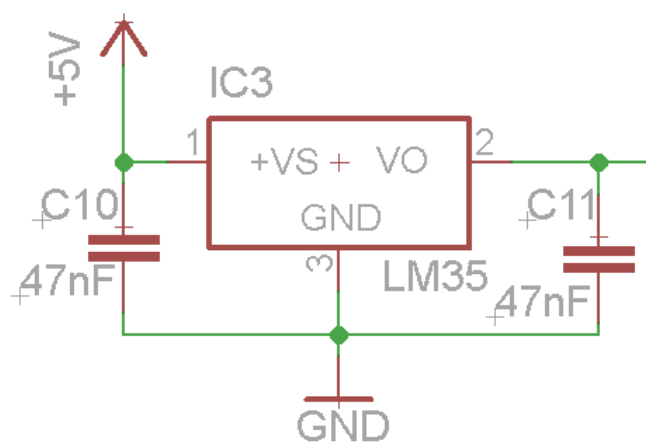
**Obrázek 3.10 Zapojenie displeja (radič HD44780)**

Zapojenie displeja (radič HD44780) je uvedené na obrázku 3.10. Ako zobrazovací prvok je použitý alfanumerický LCD display s radičom HD44780.

Na prenos dát určených na výpis na display slúži 8 bitová (sú použité iba horné 4 bity) dátová zbernica, sú využité na komunikáciu iba dátové vodiče data4 až data7, zvyšné sú uzemnené. Pri tomto spôsobe komunikácie je potrebné menšie množstvo vývodov  $\mu\text{p}$ , ale inicializácia display-a je zložitejšia. Kontrast displeja sa nastavuje pomocou odporového trimra s hodnotou odporu  $10\text{K}\Omega$

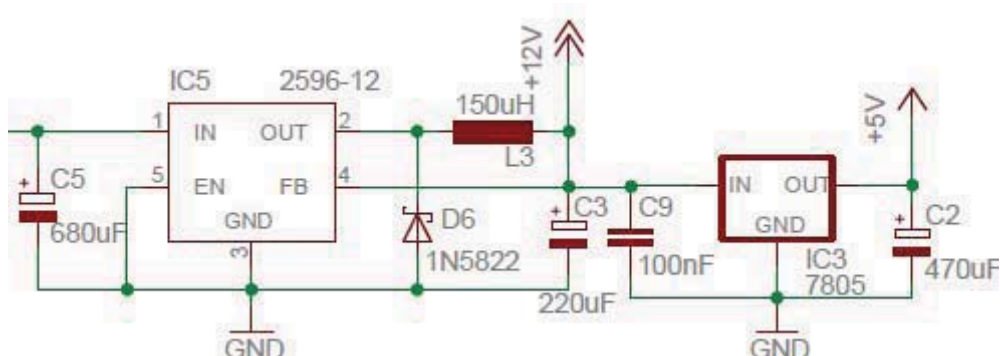
Vývody radiča sú:

- D0 až D7 - 8 dátových vstupov / výstupov
- RS - prepínanie zápisu inštrukcií / dát (0 – inštrukcia, 1 - dáta)
- E (enable / synchronizácia) - pripája sa taktovací výstup z  $\mu\text{p}$
- R/W (read / write) – prepínanie čítania a zápisu dát (0 – zápis, 1 - čítanie)



**Obrázek 3.11 Zapojenie teplotného snímača LM35**

Zapojenie teplotného snímača LM35 je zrejmé z obrázka 3.11. V konštrukcii sa sníma jediná neelektrická veličina – teplota. Na snímanie teploty je použitý teplotný senzor firmy National Semiconductor: LM35. LM35 je integrovaným obvodom, ktorého výstupné napätie je lineárne závislé na snímanej teplote v °C. Strmosť závislosti je 10mV/°C. V konštrukcii bol použitý snímač s analógovým výstupom, (nakol'ko  $\mu\text{p}$  disponuje celkovo až desiatimi vstupmi multiplexovanými na A/D prevodník, nespôsobuje problém ani pripojenie väčšieho množstva analógových snímačov) kvôli využitiu iba 1 vývodu  $\mu\text{p}$  na snímač a absenciu implementovania komunikačných protokolov pre digitálne snímače a ďalších potrebných procedúr. Tento snímač je určený z bezpečnostných dôvodov na snímanie teploty nabíjanej batérie (monitoruje havarijný stav prehriatia akumulátora v priebehu nabíjania).



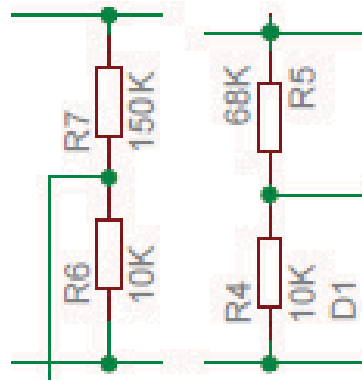
**Obrázek 3.12 Zapojenie stabilizátorov napätí riadiacej časti nabíjača**

Zapojenie stabilizátorov napätí riadiacej časti nabíjača je zobrazené na obrázku 3.12. Mikrokontrolér a k nemu pripojené periférie sú napájané z rovnakého zdroja napätia ako výkonový časť nabíjača. Toto jednotné napájanie všetkých obvodov značne zjednodušuje celé zapojenie.

Napätie +12V potrebné pre napájanie ovládačov tranzistorov a relé je získavané zo spínaného stabilizátora napätia LM2596-12, ktorého rozsah vstupných napätí je situovaný v rozmedzí 12V – 40V, čo vyhovuje požiadavkám danej konštrukcie. Maximálny výstupný prúd obvodu je 3A, tento prúd je i značne predimenzovaný voči požiadavkám konštrukcie. Spínaný stabilizátor bol zvolený z dôvodu lepšej účinnosti v širokom rozsahu vstupných napätí.

Napätie +5V pre napájanie LCD displeja, mikrokontroléra a teplotného snímača zabezpečuje integrovaný stabilizátor 7805, ktorý je pripojený na výstup obvodu LM2596-12. Maximálny výstupný prúd obvodu 7805 je 1,5A, čo s dostatočnou rezervou pokrýva spotrebu všetkých obvodov. Na túto pozíciu vyhovuje i spojitý stabilizátor, pretože napäťový úbytok je tu konštantný (7V), a výkonové straty nie sú značné.

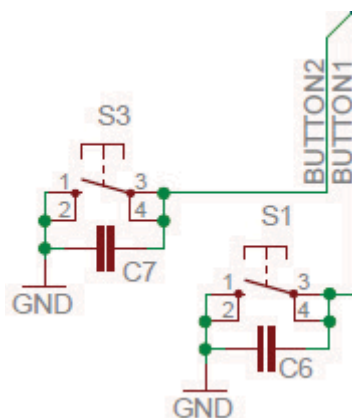
### Meranie napätia



**Obrázek 3.13 Zapojenie rezistorového deliča napätia**

Zapojenie rezistorového deliča napätia je uvedené na obrázku 3.13. Napätie sa sníma na princípe nezaťažného odporového deliča napätia, ktorý upravuje merané napätie na maximálnu hodnotu 2,56V (vstupný deliaci pomer  $40/2,5 = 16$ , výstupný deliaci pomer  $20/2,5 = 8$ ), ktoré odpovedá veľkosti vnútorného referenčného napätia, ktoré využíva AD prevodník. Výstupné napätia z deličov sú priamo privádzané na vstupy AD prevodníka mikrokontroléra.

### Mikrotlačidlá



**Obrázek 3.14** Zapojenie ovládacích tlačidiel nabíjača akumulátorov

Zapojenie ovládacích tlačidiel nabíjača akumulátorov je uvedené na obrázku 3.14. Popisované tlačidlá slúžia na pohyb v softwarovom menu zariadenia, umožňujú voľbu položiek v menu ako aj spúšťanie a ukončenie nabíjania. Sú pripojené priamo na piny mikroprocesora. Na vstupných pinoch, na ktoré sú pripojené tlačidlá, sú pri inicializácii programu nastavené PULL UP rezistory (interné rezistory, ktoré spájajú vstup s napájacím napätím procesora). Stlačením tlačidla je na vstupy privedené napätie 0V. Táto zmena úrovne vstupu je spracovávaná programom. Blokovacie kondenzátory na tlačidlách slúžia na elimináciu možných rušivých zákmitov pri spínaní, ktoré by mohli byť vyhodnotené ako viacnásobné stlačenie.

### 3.5 Výpočet hodnôt súčiastok

Návrh konštrukcie nabíjača vyžadoval výpočet hodnôt nasledujúcich prvkov:

- Hodnoty rezistorov odporových deličov:

R6/R7 - deliaci pomer je 16 : 1 (40 : 2,5), hodnoty rezistorov boli vybrané z hodnotovej rady E24 (horná časť deliča 150kΩ a dolná 10kΩ). Rád odporov bol zvolený v  $10^1$  kΩ. Deličom na vstupnej strane preteká trvalý prúd 0,25 mA.

R4/R5 – deliaci pomer je 8 : 1 (20 : 2,5) hodnoty rezistorov boli vybrané z hodnotovej rady E24 (horná časť deliča 68 kΩ a dolná 10kΩ). Rád odporov bol zvolený v  $10^1$  kΩ. Deličom na vstupnej strane preteká trvalý prúd cca 0,51 mA.

Tieto deliče prevádzajú sledované úrovne napätí na rozsah napätia A/D prevodníka.

- Hodnota rezistora (R14) obmedzujúceho prúd LED, slúžiacej na podsvietenie LCD.  
 $R = (U_N - U_D) / I_D$ ,  $R = (5 - 4,2) / 0,12$ ,  $R = 6,67\Omega$ . Z hodnotovej rady E24 je k hodnote najbližšie hodnota 6,8Ω.
- Výpočet hodnôt rezistorov R22, R23, slúžiacich na snímanie nabíjacieho (R23) a vybíjacieho (R22) prúdu. V oboch prípadoch je napätie z rezistorov privádzané na diferenciálny vstup  $\mu p$ , s nastaveným zosilnením 5x. Nakoľko na výstupe vnútorného zosilňovača je hodnota napätia rovná  $\frac{1}{2}$  referenčného napätia (5V) pri napätí medzi svorkami amp+ a amp- 0V, maximálne napätie, ktoré je možné priviesť na vstupy amp1 a amp- je:  $(5V / 2) / 5 = 0,5V$ .

V prípade R23 je maximálny dovolený prúd pretekajúci rezistorom 3A, hodnota rezistora je  $0,5 / 3 = 0,166 \Omega$ . Z hodnotovej rady E24 bol zvolený rezistor 0,15 Ω. Výkonové zaťaženie rezistora  $0,5V * 3A = 1,5W$  (2W).

V prípade R22 je maximálny dovolený prúd pretekajúci rezistorom 5A, hodnota rezistora je  $0,5 / 5 = 0,1 \Omega$ . Z hodnotovej rady E24 bol zvolený rezistor 0,1 Ω. Výkonové zaťaženie rezistora  $0,5V * 5A = 2,5W$  (5W).

Výpočet hodnôt rezistorov R16, R17. R16 slúži na nastavenie prúdu báze  $(U_{IC} - U_{BE}) / I_B = (5 - 0,65) / 1 * 10^{-3} = 4,35 \text{ K}\Omega$ . Z rady E24 – 4,7kΩ. R17 slúži ako externý pull- down rezistor.

- Hodnoty rezistorov R10 a R13, nastavujúce prúd diódami optočlenov, sú navrhnuté nasledovne:  $(U_{IC} - U_{IF}) / I_F = (5 - 1,2) / 5 \cdot 10^{-3} = 760 \Omega$ . Z rady E24 - 820  $\Omega$ .

Hodnoty rezistorov R8 a R9, nastavujúce prúd LED.

$(U_{IC} - U_{IF}) / I_F = (5 - 2) / 5 = 600 \Omega$ , z rady E24 - 560  $\Omega$ .

- Hodnota indukčnosti cievky L3, bola stanovená na 150  $\mu H$ , na základe predpisov na návrh hodnôt regulátora napätia, uvádzaných v datasheete výrobcu, pre daný rozsah vstupných hodnôt a výstupný prúd cca 2A.
- Hodnota indukčnosti tlmivky L2: - táto tlmivka vyhladzuje zvlnený priebeh napätia na výstupe nabíjača a upravuje ho tým na nabíjanie LiPol článkov. Zvlnenie napätia sa predpokladá cca  $U_{ZV} = 2V$ , maximálny prúd pretekajúci tlmivkou je  $I_{MAX} = 100mA$ , doba jednej periódy je  $t = 8\mu s$ . Hodnota indukcie sa vypočíta zo vzťahu:

Rovnice 1

$$\frac{dI_L}{dt} = \frac{U_L}{L} \Rightarrow L = U_L \cdot \frac{dt}{dI_L} = 2 \cdot \frac{8 \cdot 10^{-6}}{100 \cdot 10^{-3}} = 160 \cdot 10^{-6} H = 160 \mu H$$

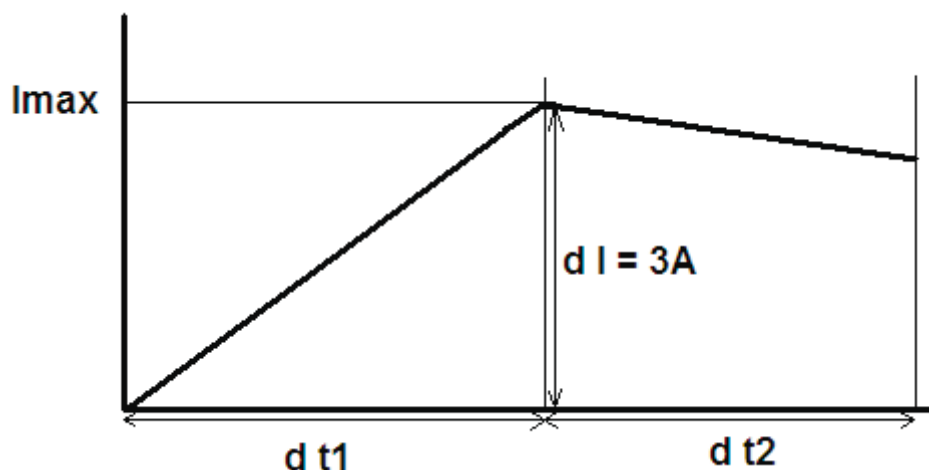
- Cievka L1 slúži ako dočasný akumulátor energie medzi cyklami spínania tranzistorov. Hodnota jeho indukcie sa vypočíta z nasledujúcich parametrov: maximálny pretekajúci prúd  $I_{MAX} = 3A$ , vstupné napätie  $U_{IN} = 15V$ , ďalším faktorom je doba, za ktorú sa zmení prúd z nulovej hodnoty na maximálnu. Doba jednej periódy je 8  $\mu s$ , takže tento interval musí byť jeho násobkom. Rozdiel medzi rýchlym a pomalým nabitím cievky je ukázané na obrázkoch 3.15 a 3.16. Rýchle regulátory pracujú s minimálnymi časovými dobami, v prípade nabíjača akumulátorov (kde doba nabíjania článku sa udáva v hodinách) nie je rýchlosť regulácie kritická, preto sa zvolila doba zmeny prúdu na maximálnu hodnotu ako 8 násobok periódy regulácie:  $\Delta t = 64\mu s$ . Hodnota indukčnosti plynie zo vzťahu:

Rovnice 2

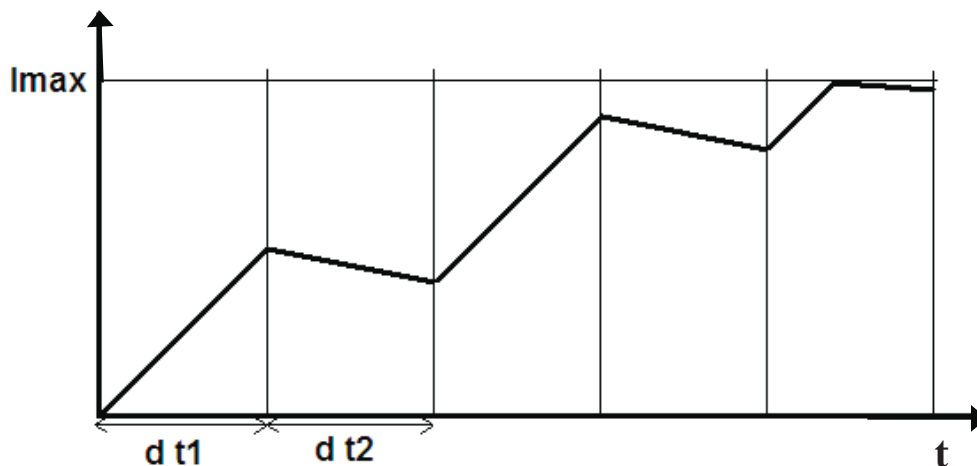
$$\frac{dI_L}{dt} = \frac{U_{IN}}{L} \Rightarrow L = U_{IN} \cdot \frac{dt}{dI_L} = 15 \cdot \frac{8 \cdot 8 \cdot 10^{-6}}{3} = 320 \mu H$$

, zvolila sa normalizovaná hodnota 330  $\mu H$  na prúd 3A.



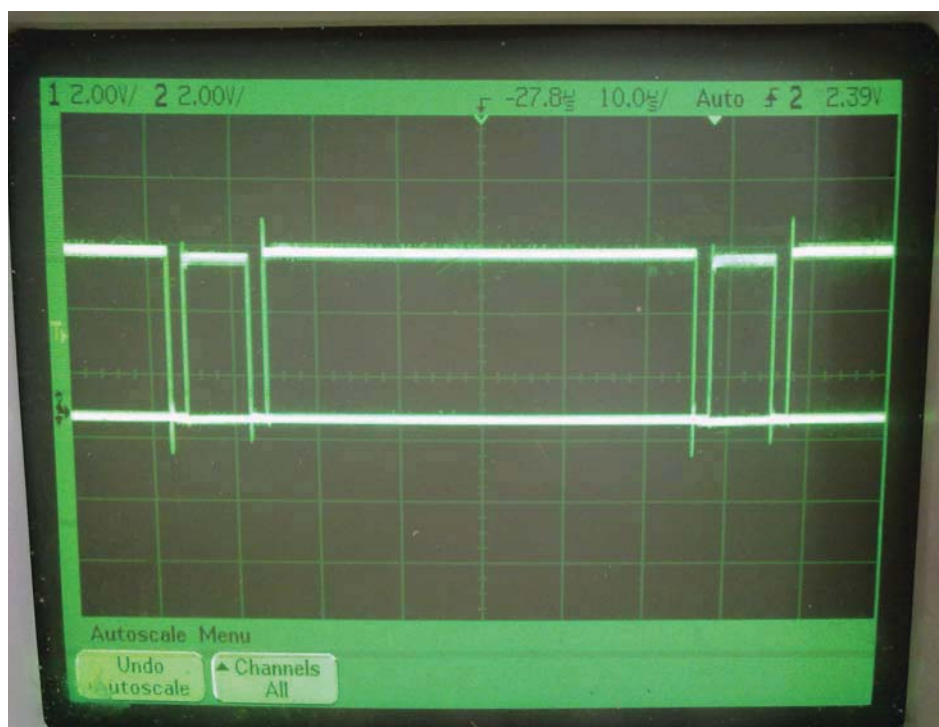


**Obrázek 3.15 Rýchly regulátor (prúd dosiahne maximálnu úroveň za 1 periódu)**

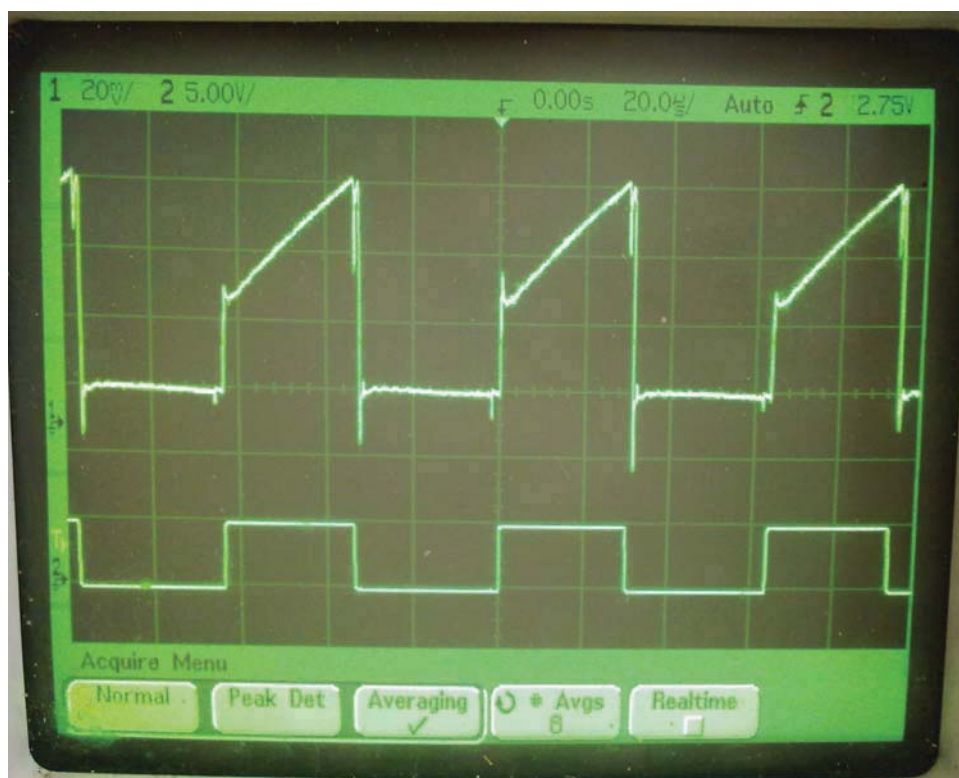


**Obrázek 3.16 Pomalý regulátor (prúd dosiahne maximálnu úroveň za viac periód)**

Pri ovládaní tranzistorového mostíka nabíjača je potrebné dbať na tzv. mŕtvu dobu medzi spínaním tranzistorov. Je to doba nevyhnutne potrebná z dôvodu konečnej rýchlosti spínania a rozpínania výkonových tranzistorov v mostíku. Počas mŕtvej doby sú ovládacie signály oboch tranzistorov polmostíka na nulovej úrovni. Dĺžka mŕtvej doby medzi spínaniami sa určuje na základe rýchlosti spínania tranzistorov. V tejto konštrukcii sú použité tranzistory IRFR3410PBF, ktorých čas potrebný na vypnutie činí:  $t_d(\text{OFF})$  (Turn-Off Delay Time) +  $t_f$  (Fall Time) = 40 + 13 = 53 ns. Je to minimálna doba, po ktorú je nutné nulovať riadiaci signál oboch tranzistorov polmostíka pri prepínaní ich stavov. Softwarovo sa táto doba zabezpečí konštantným rozdielom hodnôt premenných POCRnSA a POCRnSB. Priebeh signálov výstupu PSC modulu ako aj mŕtva doba je zobrazená na obrázku 3.17. Priebeh prúdu nabíjača, (časové narastanie prúdu pri zopnutom tranzistore Q4 ilustruje indukčnosť akumuláčnej cievky) ako aj prejav mŕtvej doby spínania tranzistorov je viditeľný na obrázku 3.18.

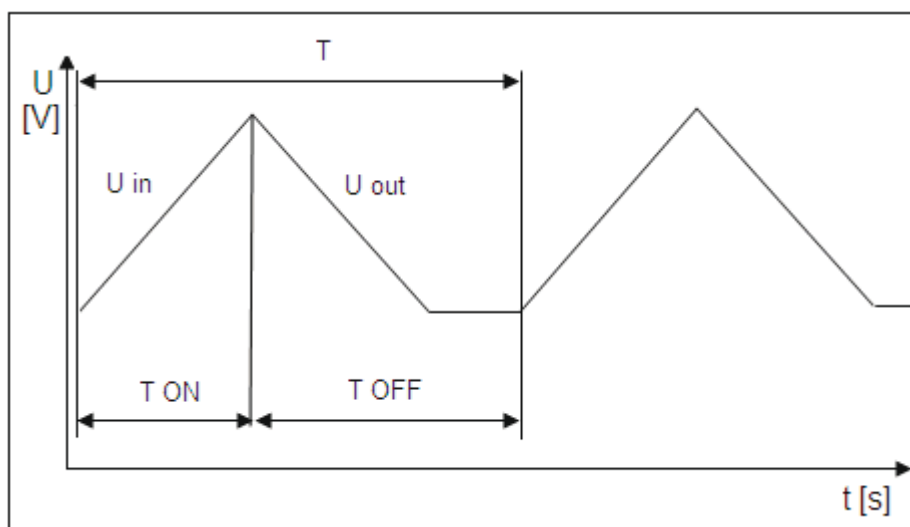


**Obrázek 3.17** *Priebeh riadiacich signálov PSCOUT0A, PSCOUT0B a mŕtva doba medzi priebehmi*

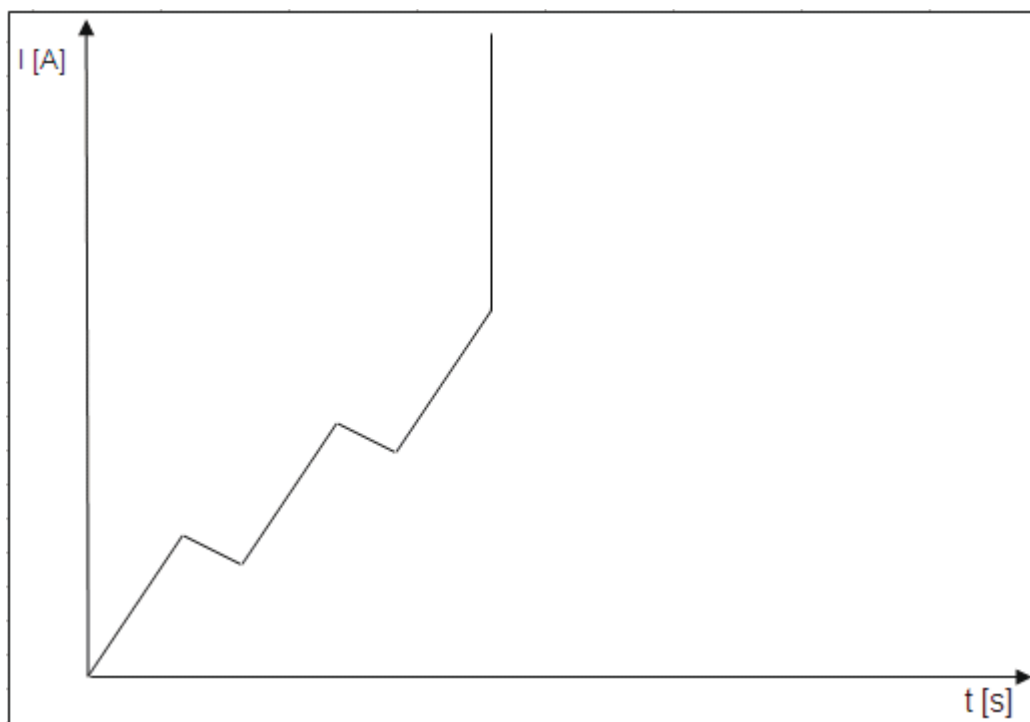


**Obrázek 3.18** *Priebeh prúdu nabíjača v jednotlivých cykloch a prejav mŕtvej doby spínania na začiatku a konci prúdovej rampy*

Ďalším dôležitým faktorom pri ovládaní nabíjania je dodržanie dĺžky doby nabíjania a vybíjania cievky. Platí:  $T_{ON} / T > 0,5$ . Z toho vyplýva, že doba nabíjania cievky v rámci jedného cyklu spínania nabíjača nesmie prekročiť polovicu celkovej doby jedného cyklu (obrázok 3.19). Tým je zabezpečené, že sa všetka naakumulovaná energia vybije do záťaže a nebude sa hromadiť v cievke, ktorá by sa mohla tak nasýtiť (obrázok 3.20). Nasýtenie cievky by malo za následok skrat cievky a zničenie ovládacej elektroniky zariadenia. Ovládanie doby nabíjania a vybíjania cievky závisí aj na úrovniach vstupného a výstupného napätia cievky respektíve na ich rozdiely.



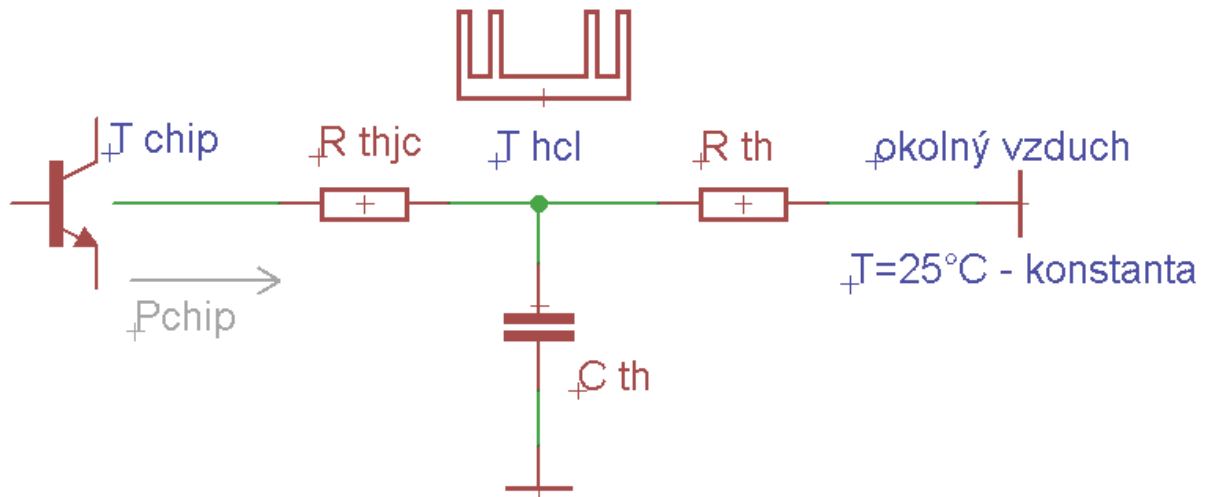
**Obrázek 3.19** *Principiálna nabíjacia a vybíjacia krivka cievky v jednom cykle*



**Obrázek 3.20** *Priebeh postupného nabíjania až presýtenia cievky*

## Výpočet tepelného odporu chladičov výkonových prvkov konštrukcie

Model tepelného obvodu je znázornený na obrázku 13.



*Obrázek 3.21 Principiálne schéma tepelných väzieb*

- Výkonový tranzistor pre riadené vybíjanie akumulátorov:

Katalógové hodnoty:

Tepelný odpor púzdra -  $R_{thjc} = 1 \text{ K/W}$

Maximálna dovolená teplota púzdra  $T_{max} = 150 \text{ °C}$

Hodnoty dané konkrétnou aplikáciou:

$$P = 12 \cdot 3 = 36 \quad [V, A; W]$$

Cth sa zanedbáva (chladič ani súčiastka nie je uložená v uzavretom priestore)

Výpočet:

$$\text{Lineárny režim: } P = P_{\text{čip}} = \underline{36} \text{ [W; W]}$$

$$T_{\text{čipmax}} = 150 \text{ °C} \Rightarrow T_{\text{chl}} = T_{\text{čip}} - P_{\text{čip}} \cdot R_{thjc} = 150 \text{ °C} - 36 \cdot 1 = \underline{114} [\text{°C, W, K/W; °C}]$$

$$R_{th(MAX)} = (T_{\text{chl}} - T_{\text{okol}}) / P_{\text{čip}} = (114 - 25) / 36 = 89 / 36 = \underline{2,47} \text{ [°C, °C, W; K/W]}$$

- **Spínaný stabilizátor pre napätie 12V:**

Katalógové hodnoty:

Tepelný odpor púzdra -  $R_{thjc} = 2 \text{ K/W}$

Maximálna dovolená teplota púzdra  $T_{max} = 150 \text{ °C}$

Hodnoty dané konkrétnou aplikáciou:

$$P = 12 \cdot 1 = 12 \quad [ \text{V, A; W} ]$$

Výpočet:

$$\text{Spínaný režim: } P = 0,27 \cdot P_{\text{čip}} = 3,24 \quad [\text{W; W}]$$

$$T_{\text{čipmax}} = 150\text{°C} \Rightarrow T_{\text{chl}} = T_{\text{čip}} - P_{\text{čip}} \cdot R_{thjc} = 150\text{°C} - 3,24 \cdot 2 = \underline{144} \quad [^\circ\text{C, W, K/W; } ^\circ\text{C}]$$

$$R_{th(MAX)} = (T_{\text{chl}} - T_{\text{okol}}) / P_{\text{čip}} = (144 - 25) / 3,24 = 118,5 / 3,24 = \underline{36,7} \quad [^\circ\text{C, } ^\circ\text{C, W; K/W}]$$

- **Lineárny stabilizátor pre napätie 5V:**

Katalógové hodnoty:

Tepelný odpor púzdra -  $R_{thjc} = 5 \text{ K/W}$

Maximálna dovolená teplota púzdra  $T_{max} = 125 \text{ °C}$

Hodnoty dané konkrétnou aplikáciou:

$$P = 7 \cdot 0,3 = 2,1 \quad [ \text{V, A; W} ]$$

Výpočet:

$$\text{Lineárny režim: } P = P_{\text{čip}} = 2,1 \quad [\text{W; W}]$$

$$T_{\text{čipmax}} = 125\text{°C} \Rightarrow T_{\text{chl}} = T_{\text{čip}} - P_{\text{čip}} \cdot R_{thjc} = 125\text{°C} - 2,1 \cdot 5 = \underline{115} \quad [^\circ\text{C, W, K/W; } ^\circ\text{C}]$$

$$R_{th(MAX)} = (T_{\text{chl}} - T_{\text{okol}}) / P_{\text{čip}} = (115 - 25) / 2,1 = 90 / 2,1 = \underline{42,9} \quad [^\circ\text{C, } ^\circ\text{C, W; K/W}]$$

### 3.6 Realizácia konštrukcie nabíjača akumulátorov

Konštrukcia nabíjača je uložená v kovovej krabici s rozmermi 66x202x148 mm. Použitie kovového puzdra je potrebné z dôvodu elektromagnetického tienenia konštrukcie nabíjača a vyššej mechanickej pevnosti.

Hlavnou časťou konštrukcie je plošných spojov nabíjača, ktorý je navrhnutý ako jednostranný s drôtovými prepojami. Toto riešenie bolo zvolené z dôvodu jednoduchšej (technológia výroby jednostrannej DPS vyžaduje nižšiu presnosť v porovnaní s technológiou výroby dvojstrannej DPS) a finančne menej náročnej realizovateľnosti. Celková schéma zapojenia, rozloženie súčiastok, a obrazec plošných spojov je znázornený v prílohe číslo: 2,3,4.

Všetky vodiče plošných spojov sú pokryté povrchovou vrstvou cínu, ktorá znižuje ich elektrický odpor a chráni medené plochy pred koróziou. Nevyužitú voľnú plochu sú zo strany plošných spojov vyplnené medťou, ktorá je spojená s potenciálom zeme zapojenia (zaliatie GND). Toto zalíatie medenou plochou značne znižuje kapacitné väzby, ktoré vznikajú pri napät'ových zmenách v obvode medzi blízkymi vedeniami na DPS. Zalíatie medťou pod púzdrom mikrokontroléra tvorí ochrannú plochu medzi prívodmi pinov integrovaného obvodu a čiastočne slúži ako elektromagnetické tienenie obvodu.

Samostatnú jednotku tvorí LCD display pripevnený k čelnému panelu prístroja.

Prívodné vodiče k displeju sú rozdelené na 2 kategórie:

- Dátové vodiče (prenos inštrukcií, dát a nastavení), ktoré sú tvorené zbernicovými vodičmi - rovnaká dĺžka, prierez a vlastnosti všetkých vodičov (mechanicky spojené krútené dvojlinky – znižujú indukčnú indukciu nežiaducich napätí z okolia vodičov)
- Analógové vodiče (napájanie displeja, radiča, LED podsvietenia a nastavovanie kontrastu zobrazovača)

Kondenzátor pre vyhladzovanie nabíjacieho napätia (vyžadujú niektoré druhy akumulátorov) sa pripojuje pomocou relé spínaného darlingtonového tranzistora. Paralelne k cievke relé je pripojená polovodičová dióda, zapojená v závernom smere. Funkcia tejto diódy sa prejavuje výlučne pri rozpínaní cievky relé, kedy sa naakumulovaná energia v magnetickom poli cievky vybíja v opačnom smere akým bola buďená. Toto vybíjanie by mohlo poškodiť / zničiť výkonový spínací prvok (tranzistor).

Poistka zapojená do vstupnej vetvy nabíjača chráni obvod proti zničeniu v prípade skratu alebo poruchy obvodu. Tlmička L2 na výstupe obvodu vyhladzuje priebeh elektrického prúdu, pre nabíjanie LiPol článkov.

Všetky prvky obvodu umiestnené mimo dosky plošných spojov, sú k DPS pripojené pomocou konektorov alebo svorkovnic. Výkonový tranzistor umiestnený na hliníkovom chladiči, prichytenom na vonkajšej strane krabice, je pripojený pomocou skrutkovacej svorkovnice. Tak isto ako aj snímač teploty batérie. Tento spôsob uchytenia bol zvolený z dôvodu väčšej flexibility konštrukcie. Vstupné svorky umiestnené na prednom paneli krabice sú privedené cez poistkové púzdro na skrutkovacie svorkovnice na DPS, výstup je priamo vedený na panelové svorkovnice. Tlačítka na ovládanie menü prístroja sú prichytené na prednom paneli prístroja, pripojené na dosku plošných spojov pomocou konektora. LCD display je pripevnený na čelný panel pomocou distančných stĺpikov a pripojený k doske jednou dátovou zbernicou a ďalšími analógovými vodičmi.

Na prednom paneli sú umiestnené ovládacie prvky nabíjača (tlačítká), zobrazovacia jednotka (LCD display), vstupné a výstupné konektory.

Na zadnom paneli je umiestnený výkonový tranzistor pre riadené vybíjanie akumulátorov, pripevnený na chladič a púzdro pre poistku na chrániacu vstupný prívod nabíjačky.

DPS a modul LDC displeja, sú prichytené ku krabici pomocou silikónových distančných stĺpikov. Toto riešenie napomáha ideálnemu odvodu tepla od súčiastok, fyzicky chráni povrchovo montované súčiastky a zaručuje izolovanie pripevnených zariadení od potenciálu kovovej krabice .

## **3.7 Softwarové vybavenie konštrukcie:**

### **3.7.1 Popis programu**

Program implementovaný v mikrokontroléri riadi činnosť nabíjača, sleduje a reguluje úroveň výstupného napätia / prúdu (v závislosti na aktuálnom režime nabíjania) ovládaním tranzistorového mostíka, tvoreného MOSFET tranzistormi. Vstupmi programu sú impulzy od tlačidiel na prednom paneli, a analógové hodnoty napätí na odporových deličoch napätia, na vstupe a výstupe nabíjača a hodnoty napätí na meracích rezistoroch prúdu. Výstupmi sú diskrétny impulzy ovládajúce mostík tranzistorov a digitálne signály ovládajúce display. Hlavná slučka programu reguluje výstupné napätie / prúd na požadovanú úroveň (nabíjanie podľa charakteristiky U, I apod.). Program zabezpečuje funkciu regulačného člena spínaného zdroja a súčasnú obojsmernú komunikáciu s užívateľom.

Implementovaný program bol vytvorený v programovacom prostredí AVR Studio 4.16., ktorá používa programovací jazyk C na tvorbu zdrojového kódu. Táto verzia programovacieho prostredia je najnižšou verziou podporujúcou procesor ATMEL Atrmega32M1. Výstupom AVR štúdia je hex súbor, ktorý je do procesoru naimplementovaný pomocou programátora PRESTO firmy ASIX a príslušného obslužného programu UP.

Nastavenia mikroprocesora vrátane poistiek je uvedené na obrázku 3.22.





***Obrázek 3.22 Konfiguračné nastavenia mikroprocesora vrátane poistiek***

Ako základné programy slúžiace na oživenie funkčných blokov a ako základ pre tvorbu vlastného programu boli použité example kódy, voľne dostupné na stránkach výrobcu procesora ako vývojová platforma použiteľná výlučne s výrobkami firmy ATMEL.

### 3.7.2 Popis základných blokov vývojového diagramu

Štart – spustenie programu prebieha po pripojení napájacieho zdroja

Inicializácia – prebiehajú nasledujúce operácie:

1. Nastavenie portov – definícia smeru (vstup / výstup) a hodnoty jednotlivých pinov, prípadné nastavenie PULL UP, PULL DOWN rezistorov vstupov, vypnutie digitálnych vstupov na analógovo používaných vstupoch.
2. Nastavenie jednotlivých registrov používaných funkčných blokov mikrokontroléra
3. Inicializácia LCD displeja – inicializácia, nastavenie 4 alebo 8 bitového režimu, zmazanie displeja, softwarový reset.
4. Inicializácia a nastavenie PSC modulu, nastavenie režimu, nastavenie výstupov, výstupnej synchronizácie, deličov a zdrojov hodinového signálu.
5. Nastavenie ADC – voľba referenčného napätia (interný, externý, napájacie napätie), nastavenie vstupného multiplexora, nastavenie synchronizácie.
6. Nastavenie hodnôt jednotlivých premenných príslušnými hodnotami.

Vyčítanie hodnôt a nastavení z menu prístroja, nastavených užívateľom – načítavanie zvoleného režimu nabíjania (U,I charakteristika)

Snímanie napätia – snímanie vstupného a výstupného napätia pomocou napäťových deličov

Určenie konštánt na základe vstupných údajov a inicializácia regulačnej časti programu. Snímanie pretekajúceho prúdu mostíkom.

Výpočet sekundárnych premenných a dát – snímanie a výpočet sekundárnych parametrov zdroja (teplota, okamžitý odoberaný výkon).

Výpis aktuálnych hodnôt na výstupné periférie (LCD, USART). Vypisuje sa aktuálne napätie na výstupe, pretekajúci prúd, prípadne iné (štatistické údaje: doba nabíjania, dodaný výkon, ... ).

### 3.7.3 Popis registrov analógovo digitálneho prevodníka mikroprocesora

Na nastavenie parametrov a vhodné prepojenia medzi funkčnými blokmi mikroprocesora slúžia registre mikroprocesora. Pomocou nich sa nastavujú vlastnosti jednotlivých blokov, ako aj polohy rôznych prepínačov vstupov a výstupov blokov (multiplexory, prepínače voľby synchronizácie, aktivácia a deaktivácia výstupov, ...)

Na nastavenie správnej funkcie analógovo digitálneho prevodníka bolo potrebné nastaviť nasledujúce registre:

ADC Control and Status Register A – ADCSRA – A ovládací a stavový register pre ADC:

| Bit           | 7    | 6    | 5     | 4    | 3    | 2     | 1     | 0     |        |
|---------------|------|------|-------|------|------|-------|-------|-------|--------|
|               | ADEN | ADSC | ADATE | ADIF | ADIE | ADPS2 | ADPS1 | ADPS0 | ADCSRA |
| Read/Write    | R/W  | R/W  | R/W   | R/W  | R/W  | R/W   | R/W   | R/W   |        |
| Initial Value | 0    | 0    | 0     | 0    | 0    | 0     | 0     | 0     |        |

**Obrázek 3.23 Usporiadanie registra ADCSRA [ 3]**

- Bit 7 – ADEN: ADC Enable Bit – nastavením bitu sa povolí ADC
- Bit 6– ADSC: ADC Start Conversion Bit - nastavením bitu sa spustí prevod analógovej na digitálnu hodnotu
- Bit 5 – ADATE: ADC Auto trigger Enable Bit - nastavením bitu sa povolí spúšťanie prevodníka v automatickom režime
- Bit 4– ADIF: ADC Interrupt Flag – bit sa nastavuje hardwarovo akonáhle je prevod ukončený a dátový register výstupnej hodnoty ADC je aktualizovaný
- Bit 3– ADIE: ADC Interrupt Enable Bit - nastavením bitu sa aktivuje prerušenie ukončenia prevodu
- Bit 2, 1, 0– ADPS2, ADPS1, ADPS0: ADC Prescaler Selection Bits – nastavenia týchto bitov udávajú deliaci pomer medzi systémovými hodinami a vstupnými hodinami ADC

V prípade konkrétnej aplikácie je tento register nastavený nasledovne:

ADCSRA = 0b10101100

**ADC Control and Status Register B– ADCSRB** - B ovládací a stavový register pre ADC:

| Bit           | 7     | 6      | 5      | 4 | 3     | 2     | 1     | 0     |        |
|---------------|-------|--------|--------|---|-------|-------|-------|-------|--------|
|               | ADHSM | ISRCEN | AREFEN | - | ADTS3 | ADTS2 | ADTS1 | ADTS0 | ADCSRB |
| Read/Write    | R/W   | R/W    | R/W    | R | R/W   | R/W   | R/W   | R/W   |        |
| Initial Value | 0     | 0      | 0      | 0 | 0     | 0     | 0     | 0     |        |

**Obrázek 3.24 Usporiadanie registra ADCSRB [ 3]**

- Bit 7 – ADHSM: ADC High Speed Mode - nastavením bitu sa povolí režim vysokej rýchlosti ADC, nastavuje sa pre taktovacie frekvencie vyššie ako 200 kHz.
- Bit 6 – ISRCEN: Current Source Enable - nastavením bitu sa nastaví pin AREF ako zdroj prúdu 100  $\mu$ A.
- Bit 5 – AREFEN: Analog Reference pin Enable - nastavením bitu sa privedie vnútorná napäťová referenci na pin AREF
- Bit 4 – Res: Reserved Bit
- Bit 3, 2, 1, 0– ADTS3:ADTS0: ADC Auto Trigger Source Selection Bits – kombinácia týchto 3 bitov udáva, ktoré prerušenie bude generovať spúšťač signál v samo spúšťacom režime

V prípade konkrétnej aplikácie je tento register nastavený nasledovne:

ADCSRB = 0b10000111

**Digital Input Disable Register 1– DIDR1** – register zakázania číslicových vstupov

| Bit           | 7 | 6      | 5      | 4      | 3      | 2                | 1                         | 0               |       |
|---------------|---|--------|--------|--------|--------|------------------|---------------------------|-----------------|-------|
|               | - | AMP2PD | ACMP0D | AMP0PD | AMP0ND | ADC10D<br>ACMP1D | ADC9D<br>AMP1PD<br>ACMP3D | ADC8D<br>AMP1ND | DIDR1 |
| Read/Write    | - | -      | R/W    | R/W    | R/W    | R/W              | R/W                       | R/W             |       |
| Initial Value | 0 | 0      | 0      | 0      | 0      | 0                | 0                         | 0               |       |

**Obrázek 3.25 Usporiadanie registra DIDR1 [ 3]**

Register slúži na zakázanie digitálnych vstupov na pinoch, ktoré sa využívajú ako analógové vstupy z dôvodu zníženia spotreby mikroprocesora.

V prípade konkrétnej aplikácie je tento register nastavený nasledovne:

DIDR1 = 0b00000100;

**ADC Multiplexer Register – ADMUX** – ovládací register pre nastavenie vstupného multiplexora AD prevodníka

| Bit           | 7     | 6     | 5     | 4    | 3    | 2    | 1    | 0    |       |
|---------------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|-------|
|               | REFS1 | REFS0 | ADLAR | MUX4 | MUX3 | MUX2 | MUX1 | MUX0 | ADMUX |
| Read/Write    | R/W   | R/W   | R/W   | -    | R/W  | R/W  | R/W  | R/W  |       |
| Initial Value | 0     | 0     | 0     | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |       |

**Obrázek 3.26 Usporiadanie registra ADMUX [ 3]**

- Bit 7, 6 – REFS1, 0: ADC Vref Selection Bits – tieto 2 bity určujú napäťovú referenciu pre AD prevodník
- Bit 5 – ADLAR: ADC Left Adjust Result – nastavením bitu sa výsledok AD prevodu reprezentuje ako hodnota zoradená zľava
- Bit 4, 2, 1, 0 – MUX4, MUX3, MUX2, MUX1, MUX0: ADC Channel Selection Bits – tieto 4 bity určujú, ktorý analógový vstup bude pripojený na AD prevodník. Rôzne nastavenia sú zobrazené v nasledujúcej tabuľke.

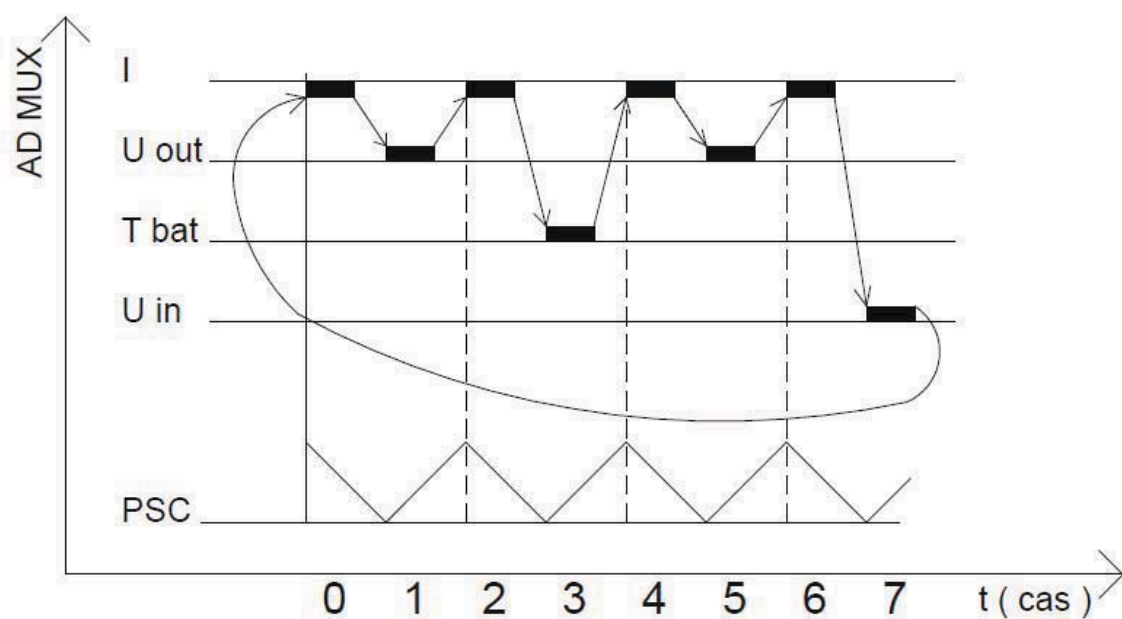
V prípade konkrétnej aplikácie je tento register nastavený nasledovne:

ADMUX = 0b11001010;

Analógovo-digitálny prevodník mikrokontroléra je multiplexovaný na 10 pinov púzdra, prevod analógových hodnôt privedených na tieto piny je možný iba postupným pripojovaním týchto pinov na vstup AD prevodníka. Za jeden cyklus PSC je mikrokontrolér schopný previesť 2 prevody (0-1,2-3,4-5,6-7). Snímanie pretekajúceho prúdu nabíjačkou je kľúčový preto je jeden z prevodov v každom cykle priradený snímaniu prúdu. Ďalej v každom štvrtom prevode (druhom cykle) sa prevádza hodnota výstupného napätia nabíjača, ktorá slúži ako spätnoväzobná informácia o úrovni napätia na výstupe nabíjača pre regulátor. Vo zvyšných prevodoch sa obsluhujú periférie – snímanie teploty nabíjaného akumulátora, vstupné napätie nabíjača ... Toto striedanie pripojenia pinov k AD prevodníku je periodické.

Pri každom prevode sa uloží hodnota predchádzajúceho prevodu do príslušnej premennej a nastavujú sa hodnoty registrov pre ďalší prevod (nastavuje sa multiplexor AD prevodníka, režim prevodu). Hodnoty napätí na vstupe a výstupe nabíjača ako aj hodnota napätia prislúchajúca meranej teplote akumulátora sa prevádza v tzv. , free runing ‘ móde, čo je kontinuálny režim prevodníka. V každom cykle sa vyvolá prerušenie od PSC modulu, ktoré spúšťa prevod hodnoty napätia prislúchajúce pretekajúcemu prúdu nabíjačkou. Prevodník je z počiatku nastavený do režimu sledovania prerušenia od PSC modulu, po príchode prerušenia sa prevedie prevod, nastaví sa prevodník do kontinuálneho režimu, prevedie sa druhý prevod. Po druhom prevode sa opäťovne nastaví prevodník do režimu čakania na prerušenie, tým sa zabezpečia maximálne dva prevody za cyklus PSC.

Konkrétna postupnosť prevodov AD prevodníka je zobrazená na obrázku 3.27



Obrázek 3.27 Časová postupnosť prevodov AD prevodníka

Popis registrov PSC mikroprocesora:

Funkcia PSC mikroprocesora vyžaduje nastavenie nasledujúcich registrov:

**PSC Output Configuration – POC** – nastavenie výstupu PSC:

| Bit           | 7   | 6   | 5      | 4      | 3      | 2      | 1      | 0      |     |
|---------------|-----|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----|
|               | -   | -   | POEN2B | POEN2A | POEN1B | POEN1A | POEN0B | POEN0A | POC |
| Read/Write    | R/W | R/W | R/W    | R/W    | R/W    | R/W    | R/W    | R/W    |     |
| Initial Value | 0   | 0   | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |     |

**Obrázek 3.28 Usporiadanie registra POC [ 3]**

- Bit 7 -6 – nevyužité
- Bit 5 – POEN2B: PSC Output 2B Enable – nastavením bitu sa pripojí výstup PSC modulu 2 na daný pin, v opačnom prípade je modul odpojený a pin sa používa ako vstupno -výstupný
- Bit 4 – POEN2A: PSC Output 2A Enable - nastavením bitu sa pripojí výstup PSC modulu 2 na daný pin, v opačnom prípade je modul odpojený a pin sa používa ako vstupno -výstupný
- Bit 3 – POEN1B: PSC Output 1B Enable - nastavením bitu sa pripojí výstup PSC modulu 1 na daný pin, v opačnom prípade je modul odpojený a pin sa používa ako vstupno -výstupný
- Bit 2 – POEN1A: PSC Output 1A Enable - nastavením bitu sa pripojí výstup PSC modulu 1 na daný pin, v opačnom prípade je modul odpojený a pin sa používa ako vstupno -výstupný
- Bit 1 – POEN0B: PSC Output 0B Enable - nastavením bitu sa pripojí výstup PSC modulu 0 na daný pin, v opačnom prípade je modul odpojený a pin sa používa ako vstupno -výstupný
- Bit 0 – POEN0A: PSC Output 0A Enable - nastavením bitu sa pripojí výstup PSC modulu 0 na daný pin, v opačnom prípade je modul odpojený a pin sa používa ako vstupno -výstupný

V prípade konkrétnej aplikácie je tento register nastavený nasledovne:

POC = 0b00111111

PSC Synchro Configuration – PSYNC – register PSC synchronizácie:

| Bit           | 7   | 6   | 5       | 4       | 3       | 2       | 1       | 0       |       |
|---------------|-----|-----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|
|               | -   | -   | PSYNC21 | PSYNC20 | PSYNC11 | PSYNC10 | PSYNC01 | PSYNC00 | PSYNC |
| Read/Write    | R/W | R/W | R/W     | R/W     | R/W     | R/W     | R/W     | R/W     |       |
| Initial Value | 0   | 0   | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       |       |

**Obrázek 3.29** Usporiadanie registra *PSYNC* [ 3]

- Bit 7 -6 – nevyužitie
- Bit 5:4 – PSYNC21:0: Synchronization Out for ADC Selection – bity slúžia na výber polarity a signálového zdroja na generovanie synchronizačného signálu z modulu 2 pre ADC
- Bit 3:2 – PSYNC11:0: Synchronization Out for ADC Selection - bity slúžia na výber polarity a signálového zdroja na generovanie synchronizačného signálu z modulu 1 pre ADC
- Bit 1:0 – PSYNC01:0: Synchronization Out for ADC Selection - bity slúžia na výber polarity a signálového zdroja na generovanie synchronizačného signálu z modulu 0 pre ADC

V prípade konkrétnej aplikácie je tento register nastavený nasledovne:

PSYNC = 0b00000000

**PSC Configuration Register – PCNF** – konfiguračný register pre PSC:

| Bit           | 7 | 6 | 5      | 4     | 3    | 2    | 1 | 0 |      |
|---------------|---|---|--------|-------|------|------|---|---|------|
|               | - | - | PULOCK | PMODE | POPB | POPA | - | - | PCNF |
| Read/Write    | R | R | R/W    | R/W   | R/W  | R/W  | R | R |      |
| Initial Value | 0 | 0 | 0      | 0     | 0    | 0    | 0 | 0 |      |

**Obrázek 3.30** Usporiadanie registra *PCNF* [ 3]

- Bit 5 – PULOCK: PSC Update Lock – nastavením bitu je možné registre POCCRnRA, POCCRnSA, POCCRnSB, POCCR\_RB, POC prepisovt bez zásahu do cyklu PSC. Zmeny v týchto registroch sa prejavajú až po vynulovaní tohoto bitu.
- Bit 4 – PMODE PSC Mode – Voľba medzi režimami One Ramp Mode a Center Aligned Mode PSC

**Tabulka 3** Výber režimu PSC [ 3]

**Table 14-10.** PSC Mode Selection

| PMODE | Description                  |
|-------|------------------------------|
| 0     | One Ramp Mode (Edge Aligned) |
| 1     | Center Aligned Mode          |



- Bit 3 – POPB: PSC B Output Polarity: Nastavením tohto bitu sú B výstupy PSC aktívne pri úrovni +5V, v opačnom prípade je aktívna úroveň 0V
- Bit 2 – POPA: PSC A Output Polarity: Nastavením tohto bitu sú A výstupy PSC aktívne pri úrovni +5V, v opačnom prípade je aktívna úroveň 0V

V prípade konkrétnej aplikácie je tento register nastavený nasledovne:

PCNF = 0b00110110

PSC Control Register – PCTL – ovládací register PSC

| Bit           | 7     | 6     | 5       | 4     | 3     | 2     | 1     | 0    |      |
|---------------|-------|-------|---------|-------|-------|-------|-------|------|------|
|               | PPRE1 | PPRE0 | PCLKSEL | SWAP2 | SWAP1 | SWAP0 | PCCYC | PRUN | PCTL |
| Read/Write    | R/W   | R/W   | R/W     | R/W   | R/W   | R/W   | R/W   | R/W  |      |
| Initial Value | 0     | 0     | 0       | 0     | 0     | 0     | 0     | 0    |      |

**Obrázek 3.31 Usporiadanie registra PCTL [ 3]**

- Bit 7:6 – PPRE1:0 : PSC Prescaler Select – tieto 2 bity slúžia k zvoleniu deliaceho faktora vstupného signálu hodín
- Bit 5 – PCLKSEL: PSC Input Clock Select – bit umožňuje výber zdroja riadiaceho hodinového signálu, medzi  $CLK_{PLL}$  a  $CLK_{IO}$
- Bit 4:3:2 – SWAPn: SWAP Funtion Select – nastavením bitu sa priebehy kanálov PSCOUTnA a PSCOUTnB v súčasnej dobe zamenia
- Bit 1 – PCCYC: PSC Complete Cycle – nastavením bitu sa aktuálny cyklus dokončí pred ukončením funkcie PSC, pri požiadavku na jeho ukončenie
- Bit 0 – PRUN : PSC Run – nastavením bitu sa spustí PSC

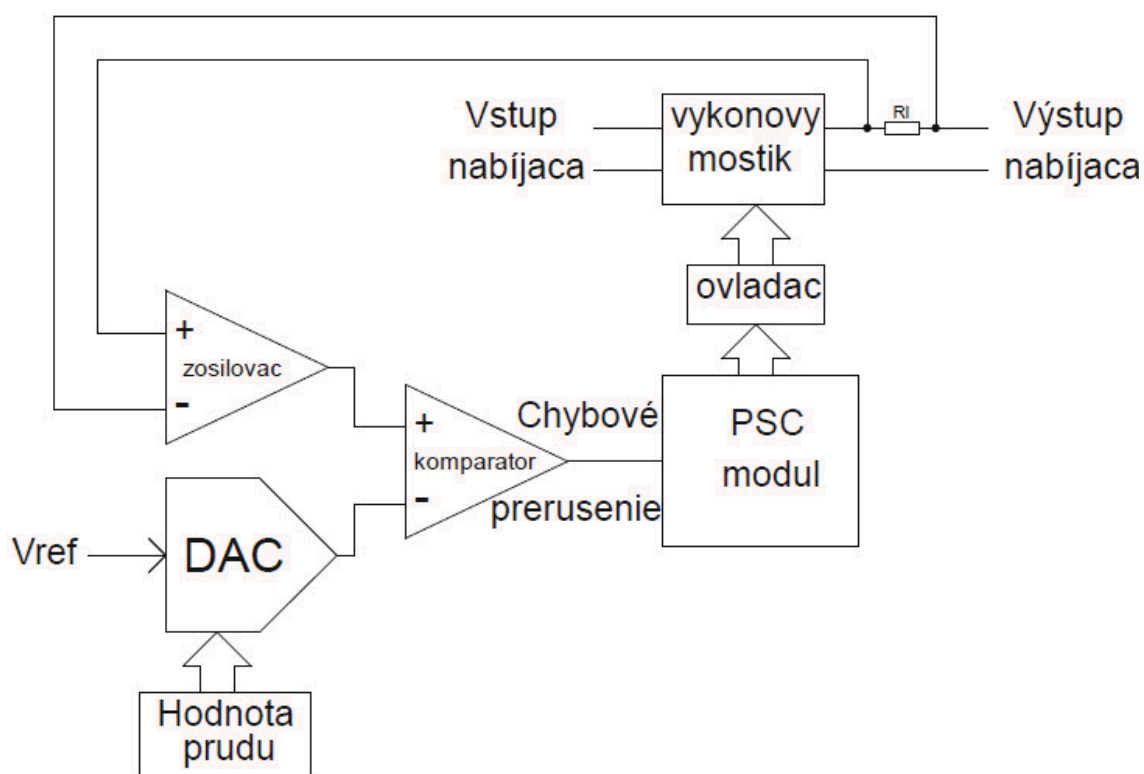
V prípade konkrétnej aplikácie je tento register nastavený nasledovne:

PCTL = 0b00000011

### 3.7.4 Rýchla hardwarová ochrana

Rýchla hardwarová ochrana slúži na ochranu zariadenia pred nežiaducim nadprúdom, prípadne pred nadmerným nabíjacím prúdom. Celá ochrana je riešená hardwarovo (obrázok 3.32), tým pádom je rýchlejšia než softwarová (nevyžaduje aritmetické funkcie procesora). Chráni výkonový mostík zariadenia, usmerňovacie Schottky diódy zaradené v silovej časti zariadenia, ako aj vlastný akumulátor pred zničením počas nabíjania.

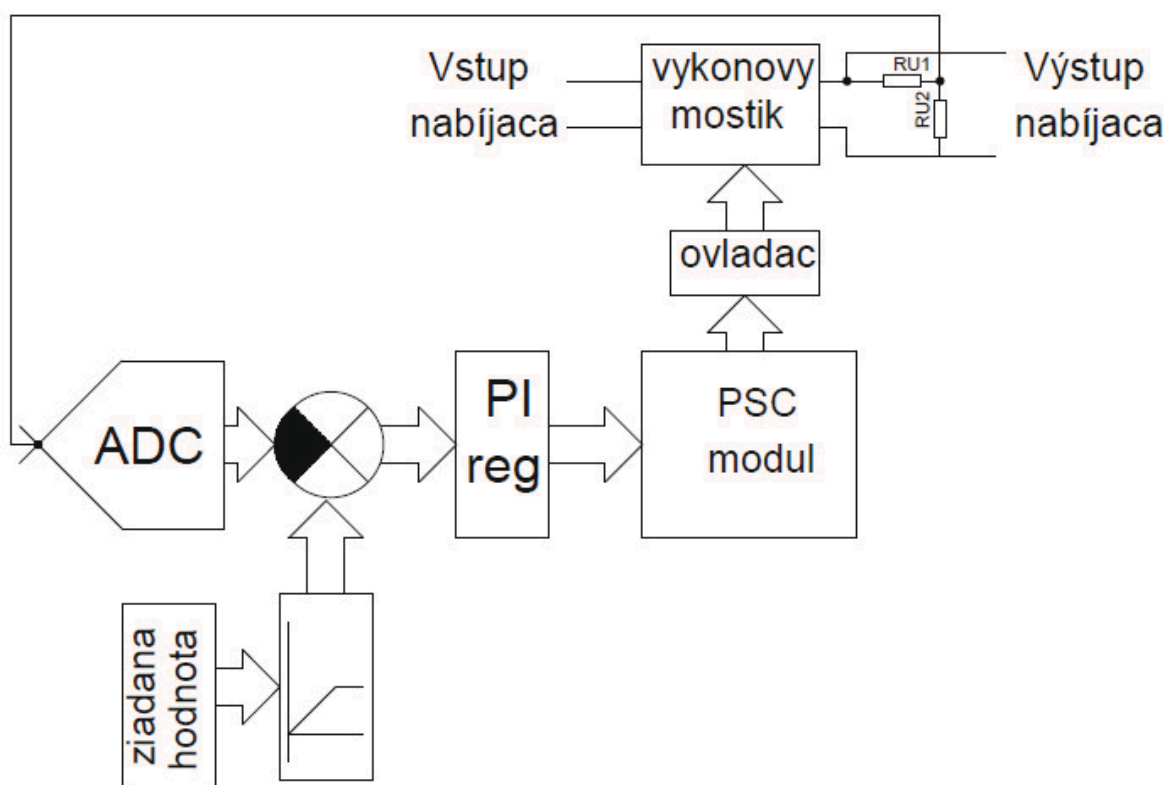
Napätie vytvorené na rezistore R23 sa privádza dvoma rovnako dlhými vodičmi vedenými blízko seba na vstupy analógového zosilňovača AMP0+ a AMP0-. Snímané napätie je zosilnené päťnásobne a privedené na vstup analógového komparátora. Na druhý vstup komparátora je privedené napätie z výstupu DA prevodníka. Nastavením vstupnej hodnoty DA prevodníka je zvolený maximálny prípustný nabíjací prúd. V prípade, že napätie zo zosilňovača prekročí hodnotu generovanú DA prevodníkom, komparátor vyvolá prerušenie v PSC module a uzavru sa všetky tranzistory mostíka. Tento bezpečný stav zotrúva do vyresetovania tlačidlom na prednom paneli prístroja.



Obrázek 3.32 Bloková schéma hardwarovej rýchlej prúdovej slúčky

### 3.7.5 Napät'ový regulátor

Napät'ový regulátor (obrázok 3.33) zabezpečuje požadovanú úroveň napätia na výstupe nabíjačky, prípadne sledovanie žiadaného priebehu napätia. Je použitý softwarovo realizovaný PI regulátor. Požadovanou hodnotou je úroveň napätia vyplývajúca z aktuálneho režimu nabíjania. Reálna úroveň napätia je sledovaná na výstupnom napät'ovom deliči. Akčný zásah mení polohu pracovného bodu na centrovanej rampe PSC. Akčný zásah nabieha po rampe (so zvolenou strmosťou), ktorá bráni pri veľkom rozdiely požadovanej a skutočnej hodnote napätia vytvoreniu nadmerného prúdu, ktorý by spôsobil havarijný stav nabíjača. Pri tomto stave by sa aktivoval prúdový chránič.



*Obrázek 3.33 Bloková schéma zapojenia napät'ového regulátora nabíjača*

## 3.8 Ochrany batérie

Táto kapitola popisuje možné poruchové stavy, ktoré môžu nastať nesprávnym pripojením batérie k nabíjačke, prípadne v priebehu nabíjania. Sú analyzované spôsoby identifikácie a ošetrenia chybových stavov. Možné poruchové stavy ošetrené nabíjačkou sú: nadprúd pri nabíjaní, prepätie, prepólovanie, nadmerné ohriatie akumulátora v priebehu nabíjania.

### 3.8.1 Spôsoby identifikácie porúch

Nadprúd, ktorý môže vzniknúť v dôsledku chybného článku batérie (prípadne viacerých článkov), je identifikovateľný pretekaním prúdu, ktorý značne prekračuje maximálny povolený nabíjací prúd. Nadprúd vzniká skratovaním jedného alebo viacerých článkov batérie, tým sa znižuje odpor batérie a pri nominálnom nabíjacom napätí preteká batériou vyšší prúd než je nominálny.

Prepätie, ktoré je spôsobené poruchou nabíjača, je identifikovateľné meraním výstupného napätia nabíjača. K prepätiu môže dôjsť iba v prípade nesprávnej funkcie PI regulátora napätia. Hodnota napätia pripojeného na batériu, ktorá je vyššia ako nominálna (povolená), môže v konečnom dôsledku zničiť nabíjaný akumulátor. Prekročením povolených medzí nabíjacieho napätia jednotlivých článkov dochádza k nevratnému poškodeniu batérie článkov.

Prepólovanie akumulátora je spôsobené nesprávnym pripojením akumulátora k nabíjačke. Nesprávna polarita pripojenia akumulátora sa prejaví extrémne vysokým pretekajúcim prúdom v obvode (sériový článok nabíjačky a akumulátora je skratovaný).

Nadmerné ohriatie akumulátora v priebehu nabíjania indikuje príliš veľký nabíjací prúd pre zvolenú batériu, prípadne poruchu nabíjanej batérie. Teplota batérie sa sníma teplotným senzorom pripevneným k nabíjanej batérii.

### **3.8.2      Ošetrovanie poruchových stavov**

Nadprúd nie je potrebné softwarovo ošetrovať, nakoľko pri prúde prekračujúcom nastavenú maximálnu hodnotu sa aktivuje rýchla prúdová ochrana. Nabíjačka sa uvedie do bezpečného stavu a na display sa vypíše chybové hlásenie. Po odstránení chyby sa nabíjačka uvedie do normálnej činnosti stlačením príslušného tlačidla na prednom paneli.

Prepätie sa obsluhuje softwarovo, sledovaním hodnoty výstupného napätia nabíjača. Pre každý zvolený režim nabíjania (jednotlivé charakteristiky prípadne rôzne druhy nabíjaných článkov) je stanovená nominálna prípadne maximálna hodnota napätia, ktorá je prípustná pre nabíjanie daného typu článku. Pri identifikácii prepätia je nabíjač uvedený do bezpečného režimu. Korekcia tejto chyby vyžaduje nastavenie / úpravu nabíjačky, preto nie je ponúknutá možnosť resetu nabíjačky tlačidlom z panelu prístroja.

Proti prepólovaniu slúži taktiež rýchla prúdová ochrana, ktorá uvedie nabíjačku do bezpečného režimu. Po odstránení prepólovania je možné okamžité nabíjanie.

Teplota nabíjaného akumulátoru sa meria integrovaným senzorom teploty pripevneným na nabíjaný akumulátor. Meraná hodnota teploty sa porovnáva s maximálne prípustnou. V prípade prekročenia tejto hranice sa nabíjač vypína a vypisuje sa príslušné hlásenie na display prístroja.

## 4 ZÁVER

Diplomová práca nadväzuje na semestrálny projekt I a semestrálny projekt II, ktorých cieľom bol návrh zapojenia, dosky plošných spojov a fyzická realizácia spínaného nabíjača akumulátorov riadeného mikrokontrolérom.

Pri spracovaní diplomovej práce bolo potrebné sa oboznámiť s problematikou spínaných zdrojov, ovládania tranzistorových mostíkov pomocou mikroprocesorov a mikroprocesormi firmy ATMEL. V rámci študovania mikroprocesorov firmy som sa bližšie oboznámil s 8bitovým mikrokontrolérom Atmega32M1 ako aj programovaním procesora prostredníctvom rozhrania ISP. Programovacím prostredím AVR Studio, programátorom firmy ASIX: Presto, softwarom k programátoru UP a návrhovým prostredím EAGLE firmy CADSOFT. V rámci mikroprocesora Atmega32M1 som sa zaoberal funkciou blokov PSC pre ovládanie tranzistorového mostíka, spínajúceho akumuláciu cievku, funkciou a nastavovaním AD a DA prevodníkov, komparátorov, a nastavovanie registrov procesora.

Zadaním bolo navrhnuť a zrealizovať nabíjačku schopnú riadeného nabíjania, vybíjania, sledovania teploty a napätia nabíjaného akumulátora ako aj obsluhu chybových stavov, ktoré by mala autonómne korigovať. Nabíjač má pracovať v rôznych režimoch (konštantný prúd, konštantné napätie, konštantný výkon, prípadne i kombinácia rôznych režimov).

V prvej fáze práce som navrhol elektrickú schému spínaného nabíjača na základe princípu spínaných zdrojov, dátových listov výrobcov použitých súčiastok a pokynov vedúceho práce. Zapojenie sa zakladá na mikrokontroléri Atmega32M1, ku ktorému sú pripojené ďalšie periférie. Výkonovú časť tvorí tranzistorový mostík, skladajúci sa z 3 výkonových HEXFET tranzistorov IRFR3410PBF. Tranzistory sú riadené ovládačmi tranzistorov IR2101. Ovládače sú riadené PSC výstupmi mikroprocesora, ktorý je v podstate rýchly PWM modul s dvoma komplementárnymi výstupmi na kanál. Snímanie teploty nabíjaného akumulátora prevádza integrovaný snímač teploty LM35. Užívateľské rozhranie je realizované pomocou LCD displeja, ktorý je zapojený v štvorbitovom režime a mikrotlačidiel. Ďalej je k mikrokontroléru pripojený ISP konektor slúžiaci ako rozhranie programátora. Súčasťou prvej fáze bolo aj vytvorenie súčiastky Atmega32M1 v návrhovom prostredí EAGLE, nakoľko v dobe návrhu schémy zapojenia neexistovala knižnica obsahujúca korektnú verziu tejto súčiastky.

Nabíjač je navrhnutý na nabíjanie viacerých typov akumulátorov ako sú: olovené, NiCd, NiMH, LiPol. Maximálne vstupné napätie nabíjača je 40V, maximálne výstupné 20V a maximálny nabíjací prúd je 3A. Konštrukcia je ošetrená proti prepätiu na výstupe transilom.

V druhej fáze som navrhol dosku plošných spojov nabíjača. Doska je realizovaná ako jednostranná s vodičovými prepojami na strane súčiastok. Pri návrhu dosky boli dodržované zásady návrhu elektronických konštrukcií a braný ohľad na elektromagnetickú kompatibilitu (minimálne prúdové slučky na DPS – minimalizácia indukčného rušenia, vylíatie voľných plôch zemným potenciálom – minimalizácia kapacitných väzieb). Na DPS sú umiestnené všetky súčiastky konštrukcie okrem darlingtonového tranzistora, LCD displeja, teplotného snímača, ovládacích tlačidiel, vstupných a výstupných svoriek. Všetky externé súčiastky sú k DPS pripojené káblovými vodičmi. Nabíjač má fyzické prepožície na software-ové sledovanie a eliminovanie všetkých možných chýb a porúch, ktoré v priebehu nabíjania môžu nastať.

Treťou fázou bola fyzická realizácia DPS, osadenie súčiastok a konštrukcia krabice zariadenia. Montáž komponentov ako sú DPS, tlačidlá, LCD, a hliníkový chladič, na ktorom je namontovaný darlingtonový tranzistor.

Ďalšou fázou bola návrh a implementácia softwarového vybavenia do mikroprocesora prostredníctvom ISP rozhrania. Zdrojový kód som písal v programovacom prostredí AVR Studio, v programovacom jazyku C. Po kompilácii do formátu hex file, bol naimplementovaný do mikroprocesora pomocou programátora Presto firmy ASIX pomocou programu UP tejto firmy. Zdrojový program nabíjača zahŕňa sledovanie a vyhodnocovanie meraných analógových veličín, ovládanie PSC modulu mikrokontroléra, PI regulátor a užívateľské menu. Je tu riešená aj rýchla prúdová ochrana zariadenia, ktorá chráni zariadenie i nabíjaný akumulátor pred neprípustne vysokým nabíjacím prúdom.

Možným rozšírením momentálneho programového vybavenia nabíjača je rozšírenie o meranie dodaného náboja do nabíjanej batérie, rozšírenie užívateľského menu, implementácia rôznych nabíjacích priebehov.

# Literatura

- [ 1 ] CROMPTON, T. R. Battery Reference Book. 2nd sub ed. : Butterworth-Heinemann, 1995. 752 s. ISBN 9780750625678.
- [ 2 ] ING. ARENDÁM, Miroslav a Milan ING. RUČKA. Nabíječe a nabíjení. Praha: Nakladatelství technické literatury, 1978. 219 s.
- [ 3 ] ATMEL CORPORATION. ATmega32M1. CORP072610. 2010, 341 s.  
Dostupné z: <http://www.atmel.com/Images/doc8209.pdf>
- [ 4 ] ATMEL CORPORATION. ATmega16M1/32M1/64M1/64C1 Automotive: Datasheet Summary. CORP072610. 2010, 367 s. Dostupné z: <http://www.atmel.com/Images/doc7647.pdf>
- [ 5 ] ATMEL CORPORATION. AVR138: ATmega32M1 family PSC Cookbook 8-bit Microcontroller Application Note. 2008, 17 s. Dostupné z: <http://www.atmel.com/Images/doc8122.pdf>
- [ 6 ] HITACHI. HD44780, Dot Matrix Liquid Crystal Display Controller/Driver - Hitachi Semiconductor datasheet, Dostupné z: <http://www.sparkfun.com/datasheets/LCD/HD44780.pdf>
- [ 7 ] FTDI. FT232RL Single čip USB to asynchronous serial data transfer interface, FT232R USB UART I.C. datasheet, Dostupné z: [http://www.sparkfun.com/datasheets/IC/FT232R\\_v104.pdf](http://www.sparkfun.com/datasheets/IC/FT232R_v104.pdf)
- [ 8 ] Texas Instruments. 7805 POSITIVE VOLTAGE REGULATOR datasheet, Dostupné z: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/ua7805.pdf>
- [ 9 ] Texas Instruments. LM2596 LM2596 SIMPLE SWITCHER Power Converter 150 kHz 3A Step-Down Voltage Regulator datasheet, Dostupné z: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm2596.pdf>
- [ 10 ] International rectifier. IRFR3410PbF Power transistor MOSFET, N, 100V, 31A, D-PAK datasheet, Dostupné z: <http://www.irf.com/product-info/datasheets/data/irfr3410pbf.pdf>



- [ 11 ] ST. TIP142 Complementary power Darlington transistor datasheet,  
Dostupné z: [http://www.st.com/internet/com/TECHNICAL\\_RESOURCES/TECHNICAL\\_LITERATURE/DATASHEET/CD00000914.pdf](http://www.st.com/internet/com/TECHNICAL_RESOURCES/TECHNICAL_LITERATURE/DATASHEET/CD00000914.pdf)
- [ 12 ] International rectifier. IR2101 HIGH AND LOW SIDE DRIVERdatasheet,  
Dostupné z: <http://www.irf.com/product-info/datasheets/data/ir2101.pdf>
- [ 13 ] Texas Instruments . LM35, Precision Centigrade Temperature Sensors  
datasheet, Dostupné z: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm35.pdf>
- [ 14 ] ING. BABČANÍK, Jan. Spínané zdroje [HW.cz]. 2007, 2 Květen 2007.  
Dostupné z: <http://hw.cz/Teorie-a-praxe/ART1876-Spinane-zdroje.htm>
- [ 15 ] WEIGEL, Dušan. Nabíjení a nabíječe: jak dostat z akumulátoru maximum  
[autopress.cz]. 2007. Dostupné z: <http://www.autopress.cz/?page=17.nabijeni-a-nabijece-jak-dostat-z-akumulatoru-maximum>

# Zoznam obrázkov:

|   |    |
|---|----|
| Obrázek 2.1 Bloková schéma impulzného regulátora [14].....  | 11 |
| Obrázek 3.1 Bloková schéma mikrokontroléra AVR ATmega32M1 [ 3 ].....  | 15 |
| Obrázek 3.2 Ovládanie LED zdrojov svetla pomocou PSC [ 5 ].....   | 16 |
| Obrázek 3.3 Ovládanie motoru pomocou PSC [ 5 ].....   | 16 |
| Obrázek 3.4 One Ramp Mode PSC [ 5 ] .....   | 17 |
| Obrázek 3.5 Centered Mode PSC [ 5 ] .....   | 20 |
| Obrázek 3.6 Pribeh jednotlivých riadiacich pribehov PSCOUT0A a PSCOUT0B v rámci jednotlivých cyklov PSC .....                   | 21 |
| Obrázek 3.7 Zapojenie výkonového mostíka tvoreného tranzistormi HEXFET .....  | 23 |
| Obrázek 3.8 Zapojenie ovládačov tranzistorov .....  | 24 |
| Obrázek 3.9 Zapojenie prevodníka FT232RL USB / USART .....  | 25 |
| Obrázek 3.10 Zapojenie displeja (radič HD44780) .....   | 26 |
| Obrázek 3.11 Zapojenie teplotného snímača LM35 .....  | 27 |
| Obrázek 3.12 Zapojenie stabilizátorov napätí riadiacej časti nabíjača .....   | 28 |
| Obrázek 3.13 Zapojenie rezistorového deliča napätia .....   | 29 |
| Obrázek 3.14 Zapojenie ovládacích tlačidiel nabíjača akumulátorov .....   | 30 |
| Obrázek 3.15 Rýchly regulátor (prúd dosiahne maximálnu úroveň za 1 periódu) .....   | 33 |
| Obrázek 3.16 Pomalý regulátor (prúd dosiahne maximálnu úroveň za viac periód) .....   | 33 |
| Obrázek 3.17 Pribeh riadiacich signálov PSCOUT0A, PSCOUT0B a mŕtva doba medzi pribehmi .....                                    | 34 |
| Obrázek 3.18 Pribeh prúdu nabíjača v jednotlivých cykloch a prejav mŕtvej doby spínania na začiatku a konci prúdovej rampy..... | 34 |
| Obrázek 3.19 Principiálna nabíjacia a vybíjacia krivka cievky v jednom cykle.....   | 35 |
| Obrázek 3.20 Pribeh postupného nabíjania až presýtenia cievky .....   | 35 |
| Obrázek 3.21 Principiálne schéma tepelných väzieb .....   | 36 |
| Obrázek 3.22 Konfiguračné nastavenia mikroprocesora vrátane poistiek.....   | 41 |
| Obrázek 3.23 Usporiadanie registra ADCSRA [ 3 ] .....   | 43 |
| Obrázek 3.24 Usporiadanie registra ADCSRB [ 3].....   | 44 |
| Obrázek 3.25 Usporiadanie registra DIDR1 [ 3].....  | 44 |
| Obrázek 3.26 Usporiadanie registra ADMUX [ 3].....  | 45 |
| Obrázek 3.27 Časová postupnosť prevodov AD prevodníka.....  | 46 |
| Obrázek 3.28 Usporiadanie registra POC [ 3].....  | 47 |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Obrázek 3.29 Usporiadanie registra PSYNC [ 3] .....</b>                        | <b>48</b> |
| <b>Obrázek 3.30 Usporiadanie registra PCNF [ 3] .....</b>                         | <b>48</b> |
| <b>Obrázek 3.31 Usporiadanie registra PCTL [ 3] .....</b>                         | <b>49</b> |
| <b>Obrázek 3.32 Bloková schéma hardwarovej rýchlej prúdovej slučky .....</b>      | <b>50</b> |
| <b>Obrázek 3.33 Bloková schéma zapojenia napäťového regulátora nabíjača .....</b> | <b>51</b> |

## Zoznam tabuliek

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Tabulka 1 Nastavenie hodnôt pre One Ramp Mode PSC [ 5 ] .....</b> | <b>18</b> |
| <b>Tabulka 2 Nastavenie hodnôt pre Centered Mode PSC [ 5 ] .....</b> | <b>20</b> |
| <b>Tabulka 3 Výber režimu PSC [ 3] .....</b>                         | <b>48</b> |

## Zoznam príloh

Príloha 1. Fotografia celkového rozloženia komponentov konštrukcie mikropočítačom riadeného nabíjača akumulátorov

Príloha 2. Celková schéma zapojenia konštrukcie nabíjača akumulátorov

Príloha 3. Osadená doska plošných spojov nabíjača akumulátorov - strana súčiastok

Príloha 4. Obrázec plošných spojov nabíjača akumulátorov – strana spojov

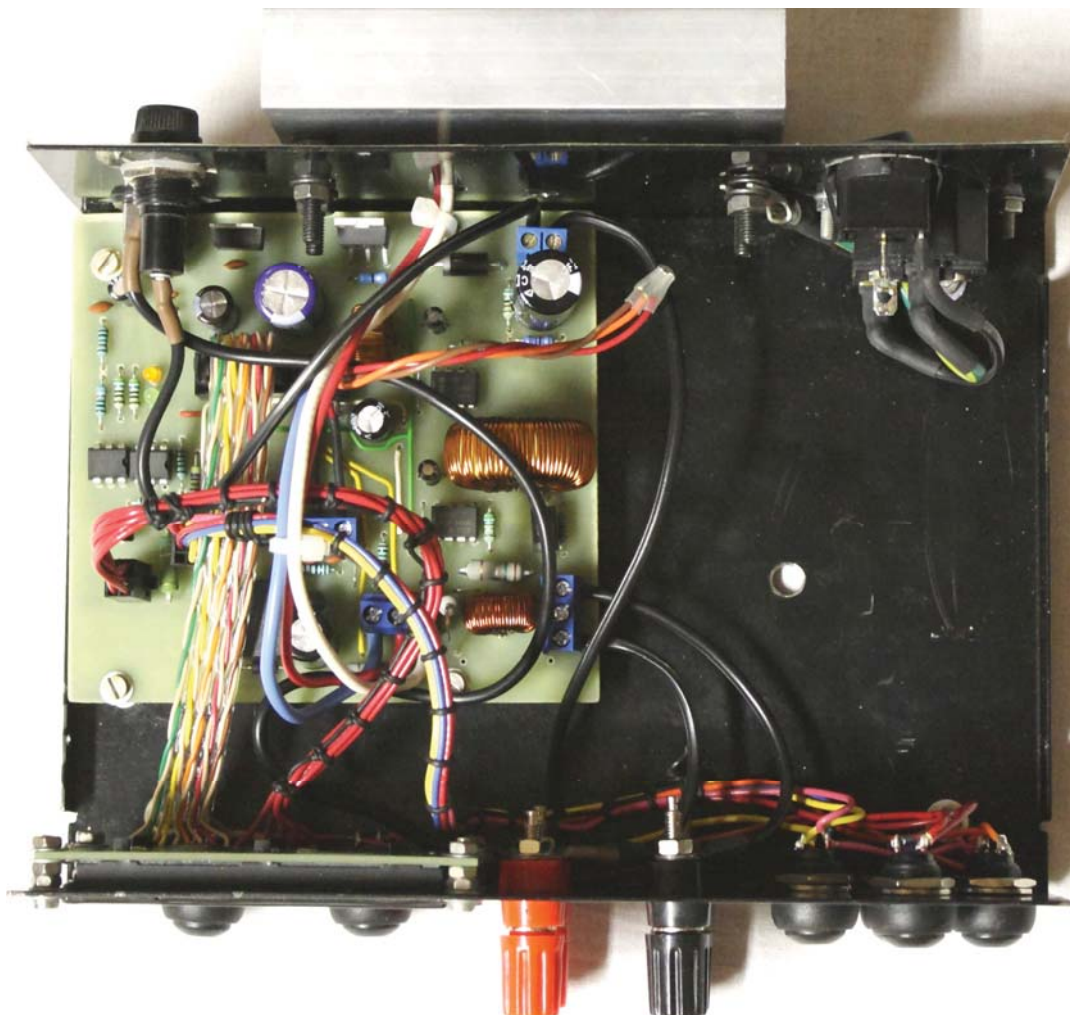
Príloha 5. Fotografia osadenej dosky plošných spojov nabíjača akumulátorov

Príloha 6. Zoznam súčiastok konštrukcie nabíjača akumulátorov

# Zoznam skratiek

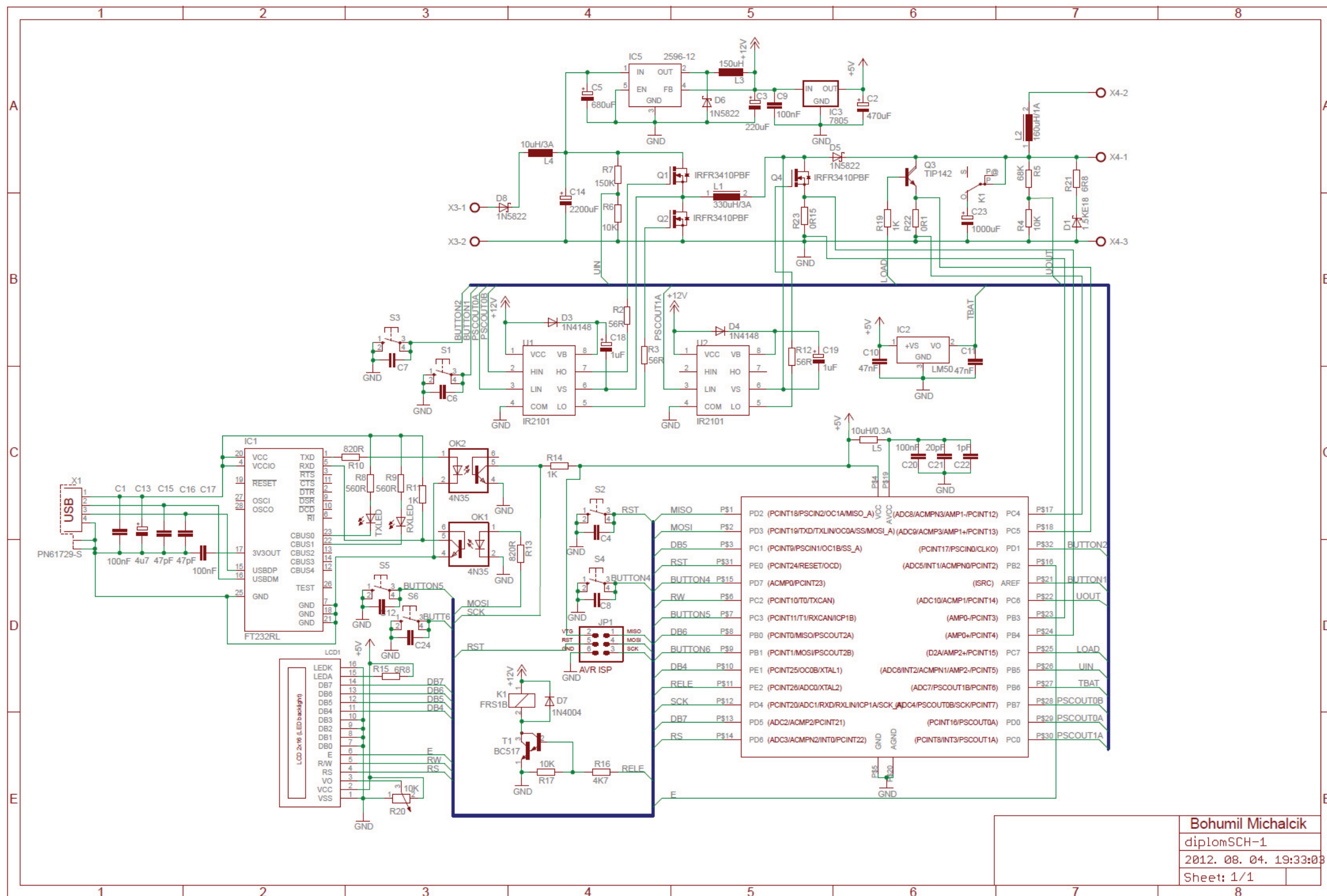
|   |  |
|---|--|
| AD (analog/digital)   | analógovo digitálny  |
| ADC (analog to digital converter)   | analógovo digitálny prevodník  |
| GND (ground)  | zemný potenciál  |
| HEXFET ( hexagonal shape metal oxide semiconductor field-effect transistor) | polom riadený kov – oxid - polovodič tranzistor so šesťhranným tvarom čipu |
| LCD (Liquid crystal display)  | displej z tekutých kryštálov   |
| LED ( Light-emitting diode)   | svetlo emitujúca dióda   |
| Li-Pol ( lithium polymer)   | Litium-polymérový akumulátor   |
| NiCd ( Nickel–cadmium battery)  | Nikel-kadmiový akumulátor  |
| NiMH ( Nickel–metal hydride battery)  | Nikel-metal hydridový akumulátor   |
| pc (personal computer)  | osobný počítač   |
| PLL ( Phase Locked Loop)  | fázovo uzavretá slučka   |
| PSC ( Power Stage Controller )  | ovládač výkonového stupňa  |
| PWM ( Pulse-width modulation)   | pulzne šírková modulácia   |
| RS ( Register Select)   | Voľba registra   |
| R/W (Read / Write)  | čítanie / zápis  |
| SVPWM (Space vector Pulse-width modulation)                                 | pulzne šírková modulácia ovládaná priestorovým vektorom                    |
| USB (universal serial bus)  | univerzálna sériová zbernica   |
| VDE ( Verband der Elektrotechnik Elektronik                                 | Združenie pre elektrické, elektronické a informačné technológie            |
| Informationstechnik eV)   |  |
| VACH  | Volt Ampérová Charakteristika  |

## PRÍLOHY:

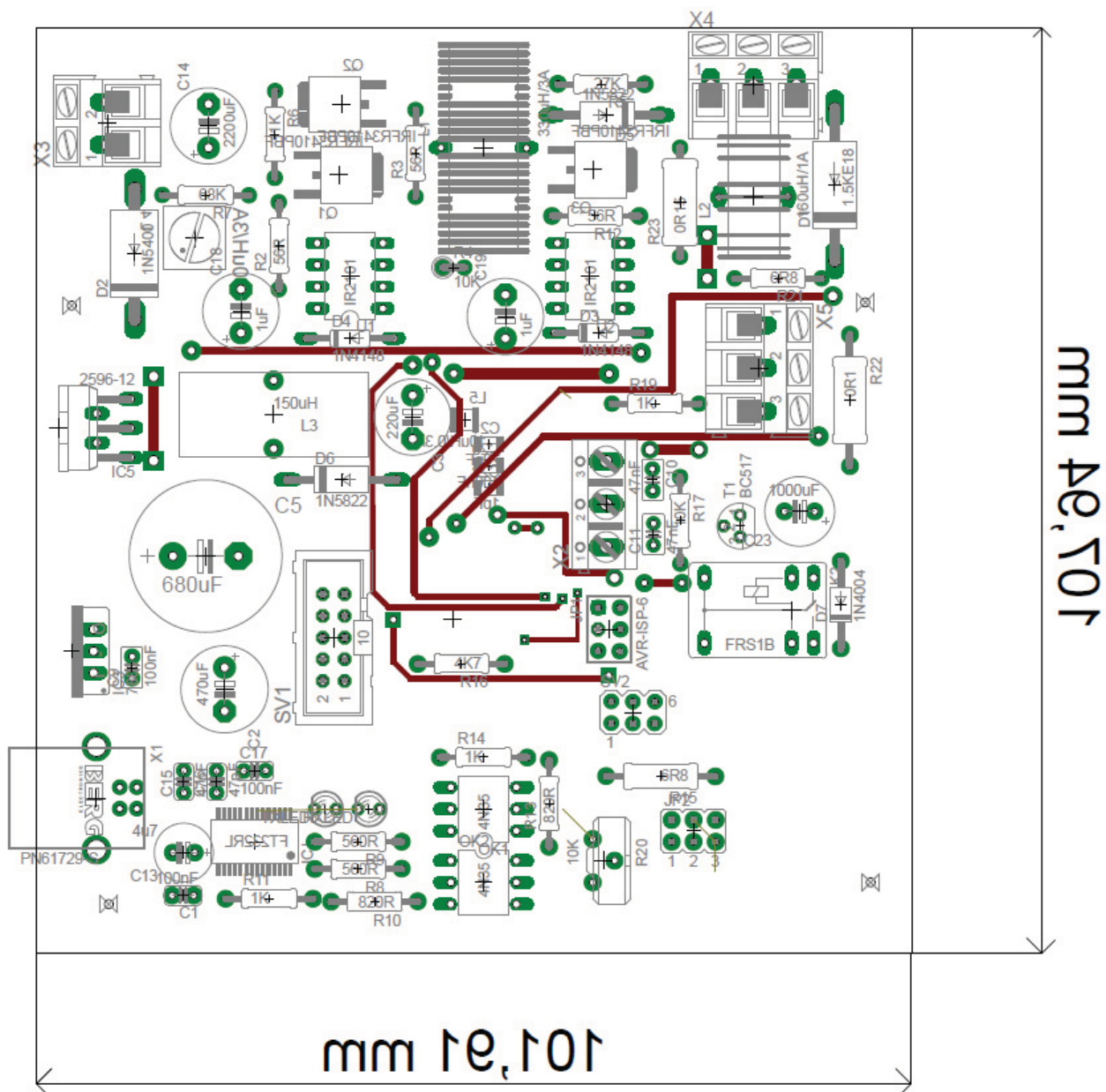


Príloha 1. Fotografia celkového rozloženia komponentov konštrukcie mikroprocesorom riadeného nabíjača akumulátorov

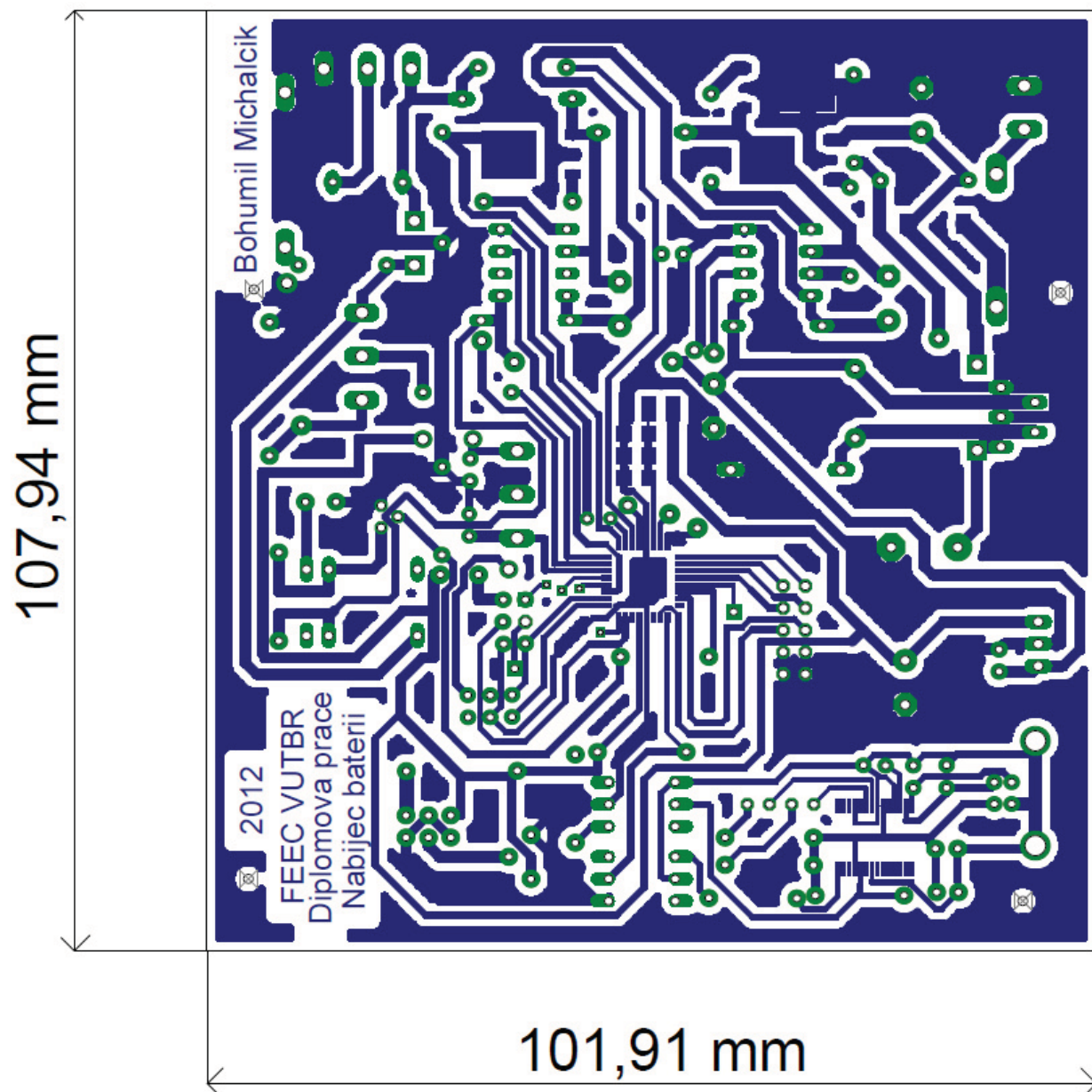




Príloha 2. Celková schéma zapojenia konštrukcie nabíjača akumulátorov

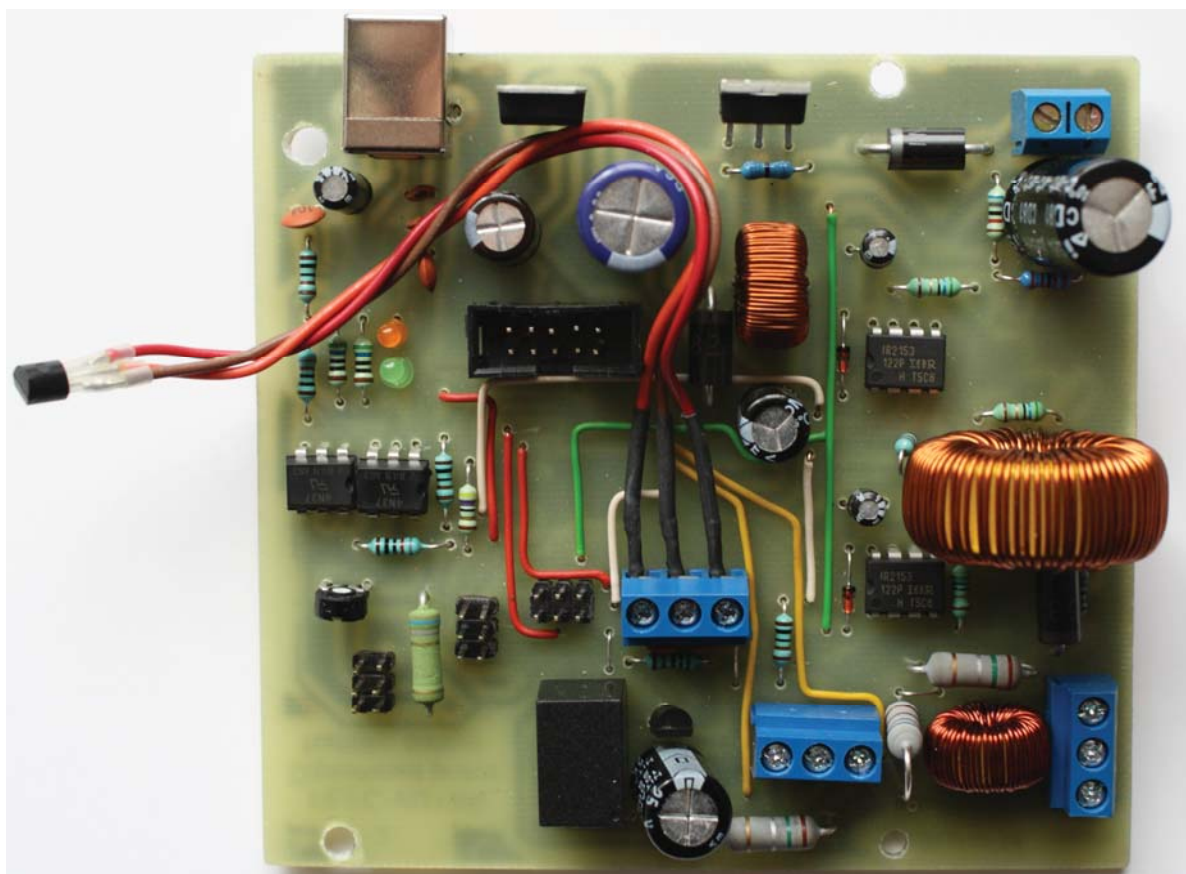


Príloha 3. Osadená doska plošných spojov nabíjača akumulátorov - strana súčiastok



Príloha 4. Obrazec plošných spojov nabíjača akumulátorov – strana spojov





Príloha 5. Fotografia osadenej dosky plošných spojov nabíjača akumulátorov

# Partlist

Exported from diplomSCH-1.sch

EAGLE Version 5.11.0 Copyright (c) 1988-2010 CadSoft

| Part Sheet | Value   | Device          | Package      | Library |
|------------|---------|-----------------|--------------|---------|
| C1<br>1    | 100nF   | C-EU025-024X044 | C025-024X044 | rc1     |
| C2<br>1    | 470uF   | CPOL-EUE5-10.5  | E5-10,5      | rc1     |
| C3<br>1    | 220uF   | CPOL-EUE5-8.5   | E5-8,5       | rc1     |
| C4<br>1    |         | C-EU025-025X050 | C025-025X050 | rc1     |
| C5<br>1    | 680uF   | CPOL-EUE7.5-18  | E7,5-18      | rc1     |
| C6<br>1    |         | C-EU025-025X050 | C025-025X050 | rc1     |
| C7<br>1    |         | C-EU025-025X050 | C025-025X050 | rc1     |
| C8<br>1    |         | C-EU025-025X050 | C025-025X050 | rc1     |
| C9<br>1    | 100nF   | C-EU025-025X050 | C025-025X050 | rc1     |
| C10<br>1   | 47nF    | C-EU025-025X050 | C025-025X050 | rc1     |
| C11<br>1   | 47nF    | C-EU025-025X050 | C025-025X050 | rc1     |
| C12<br>1   |         | C-EU025-025X050 | C025-025X050 | rc1     |
| C13<br>1   | 4u7     | CPOL-EUE2.5-7   | E2,5-7       | rc1     |
| C14<br>1   | 2200uF  | CPOL-EUE5-8.5   | E5-8,5       | rc1     |
| C15<br>1   | 47pF    | C-EU025-024X044 | C025-024X044 | rc1     |
| C16<br>1   | 47pF    | C-EU025-024X044 | C025-024X044 | rc1     |
| C17<br>1   | 100nF   | C-EU025-024X044 | C025-024X044 | rc1     |
| C18<br>1   | 1uF     | CPOL-EUE5-8.5   | E5-8,5       | rc1     |
| C19<br>1   | 1uF     | CPOL-EUE5-8.5   | E5-8,5       | rc1     |
| C20<br>1   | 100nF   | C-EUC1206       | C1206        | rc1     |
| C21<br>1   | 20pF    | C-EUC1206       | C1206        | rc1     |
| C22<br>1   | 1pF     | C-EUC1206       | C1206        | rc1     |
| C23<br>1   | 1000uF  | CPOL-EUE3.5-8   | E3,5-8       | rc1     |
| C24<br>1   |         | C-EU025-025X050 | C025-025X050 | rc1     |
| D1<br>1    | 1.5KE18 | 15KEXX          | CB429-17     | diode   |

|                        |              |                       |           |             |
|------------------------|--------------|-----------------------|-----------|-------------|
| D3                     | 1N4148       | 1N4148DO35-10         | DO35-10   | diode       |
| 1                      |              |                       |           |             |
| D4                     | 1N4148       | 1N4148DO35-10         | DO35-10   | diode       |
| 1                      |              |                       |           |             |
| D5                     | 1N5822       | SCHOTTKY-DIODEF126Z12 | F126Z12   | diode       |
| 1                      |              |                       |           |             |
| D6                     | 1N5822       | SCHOTTKY-DIODEF126Z12 | F126Z12   | diode       |
| 1                      |              |                       |           |             |
| D7                     | 1N4004       | 1N4004                | DO41-10   | diode       |
| 1                      |              |                       |           |             |
| D8                     | 1N5822       | SCHOTTKY-DIODEF126Z12 | F126Z12   | diode       |
| 1                      |              |                       |           |             |
| IC1                    | FT232RL      | FT232RL               | SSOP28    | ftdichip    |
| 1                      |              |                       |           |             |
| IC2                    | LM50         | LM50                  | SOT23     | linear      |
| 1                      |              |                       |           |             |
| IC3                    | 7805         | 78XXS                 | 78XXS     | v-reg       |
| 1                      |              |                       |           |             |
| IC5                    | 2596-12      | LM2596TV              | TO220-51  | linear      |
| 1                      |              |                       |           |             |
| JP1                    | AVR-ISP-6    | AVR-ISP-6             | AVR-ISP-6 | avr-4       |
| 1                      |              |                       |           |             |
| K1                     | FRS1B        | FRS1B                 | FRS1B     | relay       |
| 1                      |              |                       |           |             |
| L1                     | 330uH/3A     | R2408D11              | 11-24     | inductor-   |
| nk1                    | 1            |                       |           |             |
| L2                     | 160uH/1A     | R1305F11              | 11-13     | inductor-   |
| nk1                    | 1            |                       |           |             |
| L3                     | 150uH        | L-EUTJ4-U1            | TJ4-U1    | rcl         |
| 1                      |              |                       |           |             |
| L4                     | 10uH/3A      | L-EUPIS2816           | PIS2816   | rcl         |
| 1                      |              |                       |           |             |
| L5                     | 10uH/0.3A    | R-EU_R1210            | R1210     | rcl         |
| 1                      |              |                       |           |             |
| LCD1                   | LCD_2X16_SIL | LCD_2X16_SIL          | HY-1602F  |             |
| lcd_2x16_led_backlight | 1            |                       |           |             |
| OK1                    | 4N35         | 4N35                  | DIL06     | optocoupler |
| 1                      |              |                       |           |             |
| OK2                    | 4N35         | 4N35                  | DIL06     | optocoupler |
| 1                      |              |                       |           |             |
| Q1                     | IRFR3410PBF  | IRF3704S              | D2PACK    | transistor- |
| power                  | 1            |                       |           |             |
| Q2                     | IRFR3410PBF  | IRF3704S              | D2PACK    | transistor- |
| power                  | 1            |                       |           |             |
| Q3                     | TIP142       | TIP142                | SOT93     | transistor- |
| power                  | 1            |                       |           |             |
| Q4                     | IRFR3410PBF  | IRF3704S              | D2PACK    | transistor- |
| power                  | 1            |                       |           |             |
| R2                     | 56R          | R-EU_0207/10          | 0207/10   | rcl         |
| 1                      |              |                       |           |             |
| R3                     | 56R          | R-EU_0207/10          | 0207/10   | rcl         |
| 1                      |              |                       |           |             |
| R4                     | 10K          | R-EU_0207/2V          | 0207/2V   | rcl         |
| 1                      |              |                       |           |             |
| R5                     | 68K          | R-EU_0207/10          | 0207/10   | rcl         |
| 1                      |              |                       |           |             |
| R6                     | 10K          | R-EU_0207/10          | 0207/10   | rcl         |
| 1                      |              |                       |           |             |

|          |            |                      |            |             |
|----------|------------|----------------------|------------|-------------|
| R7       | 150K       | R-EU_0207/10         | 0207/10    | rcl         |
| 1        |            |                      |            |             |
| R8       | 560R       | R-EU_0207/10         | 0207/10    | rcl         |
| 1        |            |                      |            |             |
| R9       | 560R       | R-EU_0207/10         | 0207/10    | rcl         |
| 1        |            |                      |            |             |
| R10      | 820R       | R-EU_0207/10         | 0207/10    | rcl         |
| 1        |            |                      |            |             |
| R11      | 1K         | R-EU_0207/10         | 0207/10    | rcl         |
| 1        |            |                      |            |             |
| R12      | 56R        | R-EU_0207/10         | 0207/10    | rcl         |
| 1        |            |                      |            |             |
| R13      | 820R       | R-EU_0207/10         | 0207/10    | rcl         |
| 1        |            |                      |            |             |
| R14      | 1K         | R-EU_0207/10         | 0207/10    | rcl         |
| 1        |            |                      |            |             |
| R15      | 6R8        | R-EU_0309/12         | 0309/12    | rcl         |
| 1        |            |                      |            |             |
| R16      | 4K7        | R-EU_0207/10         | 0207/10    | rcl         |
| 1        |            |                      |            |             |
| R17      | 10K        | R-EU_0207/10         | 0207/10    | rcl         |
| 1        |            |                      |            |             |
| R19      | 1K         | R-EU_0207/10         | 0207/10    | rcl         |
| 1        |            |                      |            |             |
| R20      | 10K        | POTENTIOMETER_PT-10S | PT-10S     | rcl         |
| 1        |            |                      |            |             |
| R21      | 6R8        | R-EU_0207/10         | 0207/10    | rcl         |
| 1        |            |                      |            |             |
| R22      | 0R1        | R-EU_0411/15         | 0411/15    | rcl         |
| 1        |            |                      |            |             |
| R23      | 0R15       | R-EU_0411/12         | 0411/12    | rcl         |
| 1        |            |                      |            |             |
| RXLED    |            | LED3MM               | LED3MM     | led         |
| 1        |            |                      |            |             |
| S1       |            | 10-XX                | B3F-10XX   | switch-     |
| omron    | 1          |                      |            |             |
| S2       |            | 10-XX                | B3F-10XX   | switch-     |
| omron    | 1          |                      |            |             |
| S3       |            | 10-XX                | B3F-10XX   | switch-     |
| omron    | 1          |                      |            |             |
| S4       |            | 10-XX                | B3F-10XX   | switch-     |
| omron    | 1          |                      |            |             |
| S5       |            | 10-XX                | B3F-10XX   | switch-     |
| omron    | 1          |                      |            |             |
| S6       |            | 10-XX                | B3F-10XX   | switch-     |
| omron    | 1          |                      |            |             |
| T1       | BC517      | BC517                | TO92       | transistor- |
| neu-to92 | 1          |                      |            |             |
| TXLED    |            | LED3MM               | LED3MM     | led         |
| 1        |            |                      |            |             |
| U\$2     | ATMEGA32M1 | ATMEGA32M1           | ATMEGA32M1 | ase         |
| 1        |            |                      |            |             |
| U1       | IR2101     | IR2101               | DIL08      | irf         |
| 1        |            |                      |            |             |
| U2       | IR2101     | IR2101               | DIL08      | irf         |
| 1        |            |                      |            |             |
| X1       | PN61729-S  | PN61729-S            | PN61729-S  | con-berg    |
| 1        |            |                      |            |             |

|    |         |         |            |
|----|---------|---------|------------|
| X3 | AK300/2 | AK300/2 | con-ptr500 |
| 1  |         |         |            |
| X4 | AK300/3 | AK300/3 | con-ptr500 |
| 1  |         |         |            |

#### Príloha 6. Zoznam súčiastok konštrukcie nabíjača akumulátorov